



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

MEMORIA

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. ALCANCE DEL PROYECTO .....	6
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	7
1.3. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	8
1.3.1. CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION: .....	9
1.3.2. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TERMICAS EN EDIFICIOS (RITE) Y SUS INSTRUCCIONES TECNICAS COMPLEMENTARIAS: .....	10
1.3.3. NORMAS UNE CORRESPONDIENTES: .....	10
2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL EDIFICIO .....	11
2.1. PROPIEDAD Y EMPLAZAMIENTO DEL POLIDEPORTIVO. ....	11
2.2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO .....	12
2.3. CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS .....	13
3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.....	13
4. NECESIDADES ENERGÉTICAS .....	15
4.1. DEMANDA ENERGÉTICA .....	16
4.1.1. AFLUENCIA.....	16
4.1.2. DEMANDA DIARIA DE ACS DEL POLIDEPORTIVO.....	16
4.1.3. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA .....	17
4.1.4. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	17
5. ENERGÍA SOLAR .....	18
5.1 INTRODUCCION .....	18
5.2. FACTORES INFLUYENTES EN LA RADIACIÓN SOLAR.....	19
5.2.1. POSICIÓN DE LA TIERRA RESPECTO AL SOL.....	19
5.2.2. EL CLIMA .....	20
5.2.3. LA ATMÓSFERA .....	20
5.2.4. RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE PLANA .....	21
5.2.5. SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR: EL COLECTOR .....	21
5.2.6. CLASIFICACIÓN .....	21
5.2.7. FUNCIONAMIENTO .....	22
5.3. EL CAPTADOR SOLAR.....	23

5.3.1. ENERGÍA SOLAR ÚTIL.....	24
5.3.2. ENERGÍA EFECTIVA DE LOS CAPTADORES .....	25
5.3.3. PÉRDIDAS EN EL SISTEMA .....	25
5.4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN .....	26
5.4.1. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN NECESARIA.....	26
5.4.2. NUMERO DE CAPTADORES .....	26
5.4.3. RESUMEN Y GRÁFICOS.....	27
6. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	27
6.1. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	28
6.2. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	29
6.3. FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	29
6.4. POSIBILIDADES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	30
6.4.1. INSTALACIONES DE CIRCUITO ABIERTO .....	31
6.4.2. INSTALACIONES DE CIRCUITO CERRADO .....	32
6.4.3. CIRCULACIÓN FORZADA DE AGUA .....	32
6.4.4. CIRCULACIÓN NATURAL O CON TERMOSIFÓN .....	33
6.5. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	34
6.5.1. EL CAPTADOR SOLAR .....	34
6.5.2. DISTRIBUCIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS CAPTADORES .....	37
6.6. EL CIRCUITO SOLAR .....	38
6.6.1. DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTOS HIDRÁULICOS .....	39
6.7. BOMBAS DE CIRCULACIÓN .....	39
6.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN .....	39
6.7.2. ELECCIÓN BOMBA DE CIRCULACIÓN CIRCUITO PRIMARIO .....	40
6.7.3. BOMBA DEL CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR.....	41
6.8. EL INTERCAMBIADOR DE CALOR .....	42
6.8.1. TIPOS DE INTERCAMBIADORES LÍQUIDO-LÍQUIDO .....	42
6.8.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERCAMBIADORES .....	43
6.8.3. ELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR .....	44
6.9. EL VASO DE EXPANSIÓN .....	44
6.9.1. TIPOLOGÍAS DE VASOS DE EXPANSIÓN .....	45
6.9.2. UBICACIÓN EN EL SISTEMA .....	46

6.9.3. ELECCION VASO DE EXPASION .....	46
6.10. EL FLUIDO DE TRABAJO .....	47
6.10.1. EL SISTEMA DE ACUMULACIÓN .....	47
6.11. EL DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN .....	48
6.11.1 ELEMENTO DE SEGURIDAD: AEROTERMO .....	49
6.12. EL SISTEMA DE REGULACIÓN .....	49
6.13. SISTEMAS DE LLENADO Y DE VACIADO .....	50
7. SISTEMA DE APOYO CONVENCIONAL .....	50
7.1. LA CALDERA AUXILIAR.....	51
7.2. EL INTERCAMBIADOR DEL SISTEMA DE APOYO .....	51
7.3. BOMBA DEL SISTEMA DE APOYO.....	52
8. ACCESORIOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN .....	52
8.1. VÁLVULAS DE CIERRE .....	52
8.2. VÁLVULAS ANTIRRETORNO O DE RETENCIÓN .....	53
8.3. PURGADORES.....	54
8.4. VÁLVULAS DE SEGURIDAD .....	54
8.5. VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL.....	55
8.6. VÁLVULA MOTORIZADA DE TRES VÍAS.....	56
8.7. VÁLVULA MEZCLADORA DE 3 VÍAS .....	56
8.8. MANÓMETROS.....	56
8.9. TERMÓMETROS.....	56
8.10. DILATACIÓN.....	57
8.11. CONTADOR.....	57
8.12. SALA DE CALDERAS.....	58
9. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL. ....	58
10. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN .....	59
10.1 INTRODUCCION .....	59
10.2. SISTEMAS DE CALEFACCION.CLASIFICACIONES. ....	60
10.2.1. SEGÚN EL GRADO DE CONCENTRACION. ....	60
10.2.2. SEGÚN LA PRODUCCION DE CALOR. ....	60
10.2.3. SEGÚN EL FLUIDO CALOPORTADOR.....	62



10.2.4. SEGÚN EL TRAZADO Y DISEÑO DE LA INSTALACION DE EMISORES .....	65
10.2.5. RADIADORES, AEROTERMOS Y SUELO O TECHO .....	67
10.3. DISTRIBUCIÓN ADOPTADA.....	68
10.4. EMISORES DE CALOR .....	69
10.4.1. TIPOS DE EMISORES SELECCIONADOS .....	70
10.4.2. AEROTERMOS .....	70
10.4.3. FANCOILS .....	70
11. MATERIALES DE LAS CONDUCCIONES.....	71
11.1. RED DEL FLUIDO CALOPORTADOR.....	71
11.1.1. MATERIAL DE LAS TUBERÍAS .....	71
11.1.2. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS .....	72
12. DESCRIPCION DE LOS CALCULOS .....	73
12.1. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA.....	73
12.2. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS .....	73
12.2.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR .....	73
12.2.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES .....	74
12.2.3. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO .....	75
12.3. FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS .....	77
12.4. CONDENSACIONES .....	78
12.4.1. CONDENSACIONES SUPERFICIALES.....	78
12.4.2. CONDENSACIONES INTERSTICIALES.....	79
13. FICHAS JUSTIFICATIVAS .....	80
13.1. ESTIMACION DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA DE CADA RECINTO .....	80
13.1.1. PERDIDAS POR TRANSMISION .....	81
13.1.2. PERDIDAS POR VENTILACION .....	81
14. CARGA TERMICA DEL EDIFICIO Y SUPLEMENTOS.....	82
15. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....	83
15.1. DIÁMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA EN TRAMOS RECTOS .....	83
15.2. PÉRDIDAS DE CARGA PUNTUALES.....	83
15.3. PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES DE LA INSTALACIÓN.....	83
15.4. EQUILIBRADO DE LA INSTALACIÓN .....	84

15.5. BOMBA CIRCULADORA DEL AGUA .....	84
16. CALDERA .....	84
16.1. TIPOS DE COMBUSTIBLES PARA CALDERAS .....	85
16.2. CALDERA ELEGIDA.....	85
16.2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	85
16.2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	86
16.2.3. CERTIFICACIÓN .....	86
16.2.4. FORMA DE SUMINISTRO .....	87
16.3. VENTILACIÓN DE LA SALA DE CALDERA.....	87
16.4. REGULACIÓN DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN .....	87
16.5. REGULACIÓN DE LA CALDERA .....	87
16.6. DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS DE LA CALDERA.....	88
17. VASO DE EXPANSIÓN.....	89
18. SALIDA DE HUMOS DE LA CALDERA .....	89
19. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO. ....	90
20. RESUMEN PRESUPUESTOS .....	92

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del proyecto es definir la instalación de calefacción y A.C.S. (Agua caliente sanitaria) con energía solar térmica y una caldera de apoyo, que proporcione A.C.S. a las duchas y lavabos. También se realizara una instalación convencional de calefacción para dotar al edificio de calefacción, que se llevara a cabo en el polideportivo de la Ikastola San Fermín (Navarra).

Objeto del proyecto es también el dimensionado de los diferentes elementos y componentes que componen la instalación así como definir las características técnicas de los mismos. Además de intentar obtener el mayor rendimiento y eficiencia energética, cumpliendo todos los requerimientos de las normativas vigentes.

También realizare el cálculo de la demanda energética del edificio para conocer la clasificación del mismo.

El proyecto incluye la valoración económica de toda la instalación (PRESUPUESTO), estudio básico de seguridad y salud y pliego de condiciones.

### 1.1. ALCANCE DEL PROYECTO

El polideportivo cuenta con pista deportiva, frontón, vestuario y baños. El diseño de la instalación, por tanto, deberá proporcionar ACS a los vestuarios y servicios de dicho polideportivo, aprovechando las energías renovables que han surgido ante la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el presente proyecto se realizarán todos los cálculos necesarios para dimensionar la instalación solar térmica. Por este motivo, en una primera fase se realizará el cálculo de las necesidades energéticas de la instalación: demanda energética del polideportivo, aporte de energía solar y superficie de captación necesaria.

En una segunda fase se dimensionará la instalación analizando todas las opciones disponibles y justificando las soluciones adoptadas. Para ello, se dividirá la instalación en el sistema de captación, que comprenderá la distribución y el dimensionado del campo de colectores; el circuito primario, en el que se incluye el trazado de los conductos, el grupo de presión, el fluido caloportador y el intercambiador de calor; el sistema de acumulación, que corresponde al circuito encargado del almacenamiento de ACS y el dimensionado de los componentes de éste sistema; y el sistema de apoyo

convencional, que define el circuito de energía auxiliar formado por la caldera, la bomba de circulación y el intercambiador de calor.

La instalación, además de minimizar el uso de combustibles fósiles para el suministro de agua caliente, pretende reducir los costes energéticos del polideportivo.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Hoy en día el modelo energético es uno de los retos más importantes que deberá afrontar la humanidad en las próximas décadas.

El modelo de desarrollo económico que predomina en la actualidad, de crecimiento continuo y basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, no puede mantenerse indefinidamente. El agotamiento progresivo de los combustibles fósiles y el impacto medioambiental que provocan, obligan a emprender un cambio de modelo económico basado en el desarrollo sostenible que trate de garantizar el crecimiento económico, el progreso social y el uso racional de los recursos.

Entre las políticas que pueden articularse para asegurar la sostenibilidad del modelo energético, la política de fomento de las energías renovables se encuentra entre las principales.

En el marco europeo, la política de apoyo a las energías renovables tiene como base el *Libro Blanco de las Energías Renovables*, aprobado por la Comisión Europea en noviembre de 1997, que adoptó como objetivo que las fuentes de energía renovables cubran un 12% del total de la demanda energética en el año 2010. A su vez, se especifica que los planes de los estados miembros serán coherentes con este objetivo, es decir, los estados contribuirán con un esfuerzo proporcional para cumplir el objetivo global del 12%. Posteriormente, en la conferencia europea de Berlín de 2004, se definieron metas más ambiciosas, con el objetivo de consumir más energías renovables para que representen el 20% del consumo total de la Unión Europea en el año 2020.

España dispone de una situación geográfica inmejorable para el aprovechamiento de la energía solar, ya que dispone de áreas con un nivel elevado de radiación solar.

El desarrollo de la energía solar en España se ha producido a un ritmo muy desigual a lo largo de las últimas décadas. A finales de la década de los 70 y principios de los 80 se empezaron a dar los primeros pasos en el desarrollo de esta energía. Posteriormente, en el periodo que va desde 1985 a

1995, las entidades relacionadas con las instalaciones solares se afianzaron y la demanda se estabilizó a un nivel de unos 10.000 m<sup>2</sup> por año.

En esta última década, la aportación de energía solar térmica ha aumentado considerablemente en España, sobre todo gracias a las ayudas públicas y ordenanzas municipales, a la madurez del mercado, y a las grandes posibilidades que ofrece esta tecnología en un país con tantas horas de sol al año. De los 10.000 m<sup>2</sup> nuevos que se instalaban cada año en la década de los 90, se ha pasado a crecimientos medios por encima de los 60.000 m<sup>2</sup> en los primeros años de 2000.

Después de varios años de un constante y fuerte crecimiento, a un promedio anual del 50%, el mercado español ha experimentado un descenso del 10% en la nueva capacidad instalada en 2009, donde se instalaron 274 MW<sub>th</sub>, correspondientes a 391.000 m<sup>2</sup>. El efecto positivo de la introducción del Código Técnico de la Edificación ha sido neutralizado por el colapso del sector de la construcción en 2009.

La energía solar térmica es una alternativa muy interesante en una gran variedad de aplicaciones, entre las que se encuentra el agua caliente sanitaria, la calefacción, la climatización de piscinas, o la producción de calor en multitud de procesos industriales.

A la larga lista de usos plenamente probados y contrastados tras varias décadas de experiencia, hay que añadir otros que empiezan a tener grandes expectativas de desarrollo a corto y medio plazo, como es el caso de la refrigeración de ambientes por medio de procedimientos solares.

### 1.3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Las especificaciones del presente proyecto están definidas por la normativa vigente en el ámbito de las instalaciones térmicas en edificios y construcciones:

**-Código Técnico de la Edificación (CTE).** 12 de septiembre de 2013 se ha publicado en el Boletín Oficial del Estado la Orden de actualización del Documento Básico HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, que estaba vigente desde su aprobación, en 2006, mediante el RD 314/2006, de 17 de marzo.

**-Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).** *Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio de 2007. Real Decreto 238/2013 de 5 de abril (Modificación)*

## **-Normas UNE de aplicación**

### **1.3.1. CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION:**

- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio

-Modificaciones conforme a la Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

- Real Decreto 1371/2007 de 19 de Octubre, por el que se aprueba el Documento Básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (BOE 23-octubre-2007).

Destacan los siguientes documentos:

- Documento Básico HE Ahorro de Energía (abril 2009).

Texto modificado por RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).

En sus apartados:

- HE 1 Limitación de Demanda Energética.
- HE 2 Rendimiento de las Instalaciones Térmicas.
- HE 4 Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria.

- Documento Básico HS Salubridad.

Texto modificado por RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).

En sus apartados:

- HS 1 Protección frente a la humedad
- HS 3 Calidad del Aire Interior.
- HS 4 Suministro de Agua.

### **1.3.2. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TERMICAS EN EDIFICIOS (RITE) Y SUS INSTRUCCIONES TECNICAS COMPLEMENTARIAS:**

Destacan:

– Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Disposiciones generales. Ministerio de la presidencia .BOE (num. 207).29de agosto de 2007.

- Corrección de errores del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Ministerio de la presidencia. B.O.E.: 28 de febrero de 2008.

- Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Disposiciones generales. Ministerio de la presidencia BOE: 11 de diciembre de 2009.

- Corrección de errores del Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Ministerio de la presidencia BOE: 12 de febrero de 2010

- Segunda corrección de errores del Real Decreto 1826/2009. de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio. Disposiciones generales. Ministerio de la presidencia BOE: 25 de mayo de 2010.

- Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo. B.O.E.: 18 de julio de 2003.

- Decreto Foral 54/2006, de 31 de julio, por el que se establecen medidas para la prevención y control de la legionelosis.

### **1.3.3. NORMAS UNE CORRESPONDIENTES:**

- Norma UNE EN 442 para el cálculo de los emisores con DT50o.
- Norma UNE EN 60 601. Reglamento Sala de Calderas.

Las especificaciones del presente proyecto están definidas por la normativa vigente en el ámbito de las instalaciones térmicas en edificios y construcciones:

**-Código Técnico de la Edificación (CTE).** Documento Básico HE - Ahorro de energía. *Ministerio de Vivienda, 2013.*

**-Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).** *Real Decreto 1027/2007, del 20 de julio de 2007.*

**-Normas UNE de aplicación**

## 2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL EDIFICIO

### 2.1. PROPIEDAD Y EMPLAZAMIENTO DEL POLIDEPORTIVO.

El polideportivo está situado en Cizur Menor dentro de la Ikastola San Fermín. En el plano de emplazamiento se puede apreciar la situación del edificio.

Sus características climáticas coinciden con las de Pamplona, ya que según el documento Básico HE. Ahorro de energía (Apéndice D, zonas climáticas, en el apartado D1). Para la determinación de la zona climática a partir de valores tabulados, si la diferencia de alturas es menor a 200m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomara , para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.

Por lo tanto se trabajara con una zona climática tipo D1, que es la que hace referencia a Pamplona, cuya altura de referencia son 456 msnm (metros sobre el nivel del mar).





## 2.2. DESCRIPCION DEL EDIFICIO

La superficie del edificio cuenta con 3250m<sup>2</sup>. Distribuidos en 2 plantas, donde se realizan actividades deportivas. También contiene salas de servicios como limpieza, mantenimiento y gestión del edificio.

### Planta baja:

PLANTA BAJA	
Pista polideportivo[001]	1056m <sup>2</sup>
Vestuario[002]	50.84 m <sup>2</sup>
Vestuario [003]	50.84 m <sup>2</sup>
Vestuario [004]	50.84 m <sup>2</sup>
Vestuario [005]	50.84 m <sup>2</sup>
Aseos[006]	15.75 m <sup>2</sup>
Aseos[007]	13.3 m <sup>2</sup>
Pasillo[008]	12.32 m <sup>2</sup>
Vestuario [009]	33.65 m <sup>2</sup>
Vestuario [010]	33.62 m <sup>2</sup>

Almacén[011]	16 m <sup>2</sup>
Sala de instalaciones[012]	16 m <sup>2</sup>
Frontón[013]	448 m <sup>2</sup>

### Primera planta

PRIMERA PLANTA	
Usos múltiples[101]	219.76 m <sup>2</sup>
Sala[102]	13.44 m <sup>2</sup>
Aseo[103]	5.76 m <sup>2</sup>
Aseo[104]	3.2 m <sup>2</sup>
Aseo[105]	3.2 m <sup>2</sup>
Vestuario[106]	43.52 m <sup>2</sup>
Vestuario[107]	43.52 m <sup>2</sup>
Pasillo[108]	22.1 m <sup>2</sup>

## 2.3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

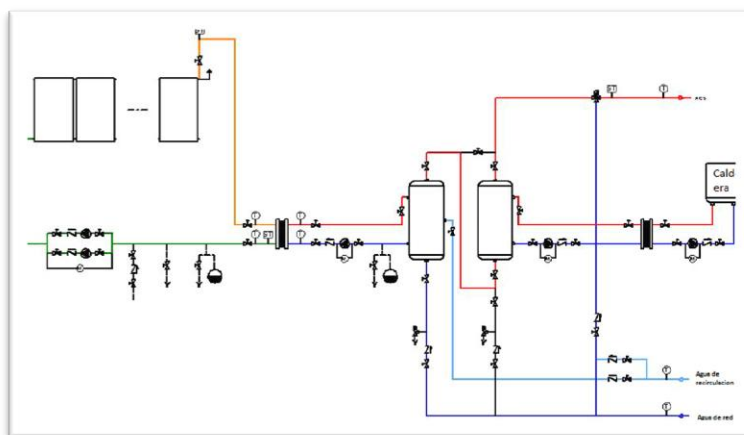
El proyecto de instalación que vamos a realizar, toma las bases de comienzo de los planos de arquitectura del polideportivo, así como del listado de materiales que componen los cerramientos. Estos datos son los puntos de partida y forman la envolvente del edificio a climatizar.

Teniendo en cuenta todos los aspectos relevantes al CTE.

## 3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

Existen diferentes esquemas de producción de ACS para instalaciones solares térmicas.

En el siguiente esquema se puede ver una vista general del esquema de funcionamiento de la instalación.



**Esquema de funcionamiento de la instalación solar térmica**

En una primera clasificación, las instalaciones de energía solar térmica se pueden dividir en función del sistema de transferencia, pudiendo ser directa o indirecta. A efectos de este proyecto se considerará el tipo de transferencia indirecta, es decir, que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante para evitar riesgos de congelación y ebullición, así como mejorar la durabilidad de la instalación, teniendo en cuenta las propiedades menos corrosivas de la mezcla del agua y congelante que en el caso de que circulara solamente agua.

Las tecnologías asociadas a las energías renovables, en general, encuentran un obstáculo en la intermitencia del suministro y la no coincidencia en el tiempo de la producción con el consumo real. Este obstáculo se salva dotando a la instalación de un sistema de almacenamiento que posibilite la disponibilidad energética en momentos de ausencia de producción. En el presente proyecto, el almacenamiento se realiza mediante depósitos acumuladores de agua. Este tipo de almacenamiento presenta como ventajas: su facilidad de manejo, el bajo coste del fluido caloportador, su alta capacidad calorífica y su condición de ser a la vez el elemento de consumo.

La utilización de un sistema combinado de acumulación e intercambiador o de uno independiente está condicionada por la dimensión de la instalación. Generalmente, si se trata de una instalación de menos de 10 m<sup>2</sup> de superficie de captación se utilizan interacumuladores, mientras que si la instalación es mayor, como es el caso del presente proyecto, se opta por un sistema de intercambio externo, ya que la potencia que proporcionan los interacumuladores está muy limitada por la superficie de intercambio, además de presentar mayores problemas de limpieza que los depósitos acumuladores.

Como se puede observar en el esquema de funcionamiento de la figura anterior, los acumuladores requieren una bomba adicional de secundario que mueva el agua entre los depósitos y los intercambiadores. Para lograr funcionamientos homogéneos de la bomba de secundario conviene conectar el intercambiador directamente a los depósitos, de manera que la bomba siempre trabaje en las mismas condiciones y el agua de consumo se mueva sólo a través de los depósitos.

El volumen de acumulación, se ha optado por dos depósitos de 1500 litros conectados en serie, que reduce la zona de mezcla, aprovechando mejor la estratificación. En su contra las conexiones hidráulicas son más complejas y en caso de avería en alguno de los depósitos hay que prever conexiones que permitan dejarlos fuera de servicio sin afectar al resto de los depósitos.

Por otro lado, debido a que el sistema solar que se ha propuesto no cubre toda la demanda de energía térmica para ACS de la instalación del polideportivo, se ha proyectado un sistema de calderas convencional. Se debe tener en cuenta que la producción anual del sistema solar estará en torno al 75%. Esto no significa que el sistema auxiliar deba dimensionarse para aportar el 25% restante; sino que habrá que prever que el comportamiento medio mensual que se ha empleado para el cálculo no será la constante durante todo el mes. Así habrá días de Diciembre, por ejemplo, en los que el aporte solar será muy bajo, y satisfacer la demanda térmica en esos días supone disponer de un sistema capaz de hacerlo sin aporte solar alguno. Por tanto, tal y como cita la normativa, el sistema de apoyo convencional debe ser capaz de abastecer toda la demanda energética de la instalación.

Puesto que la instalación dispone de servicio de gas natural, se ha optado por utilizar un sistema de producción instantánea de gas que pueda funcionar completamente independiente en los periodos en los que no sea posible obtener energía del sistema solar. Este sistema se encarga de calentar el agua del depósito auxiliar mediante un intercambiador de calor. De esta manera se logra alcanzar la temperatura fijada de 60°C, mediante un sistema de regulación que pone o no en funcionamiento la caldera en función de si se ha alcanzado a dicha temperatura.

#### **4. NECESIDADES ENERGÉTICAS**

En este apartado se presentan los resultados de las necesidades energéticas del polideportivo. El procedimiento de cálculo de las necesidades energéticas se encuentra detallado en los cálculos.

## 4.1. DEMANDA ENERGÉTICA

### 4.1.1. AFLUENCIA

La estimación del consumo energético se ha realizado en función del número de usuarios que han hecho uso de las instalaciones a lo largo de un año. Estos datos han sido facilitados por el propio polideportivo

Estos datos serán los utilizados para calcular el dimensionamiento de la instalación, ya que en los últimos años el número de usuarios ha sido relativamente constante y no se prevé un aumento significativo de usuarios.

Como se puede observar, la afluencia al polideportivo varía dependiendo del mes en cuestión. Además, el hecho de que en agosto las instalaciones estén cerradas influirá en excedentes de energía que habrá que evacuar mediante un procedimiento que elimine dichos excedentes. Como por ejemplo la circulación nocturna. Consiste en hacer circular el fluido del circuito primario durante la noche disipando la energía sobrante.

### 4.1.2. DEMANDA DIARIA DE ACS DEL POLIDEPORTIVO

A partir de los datos de afluencia y de la demanda diaria de ACS por persona se puede calcular fácilmente la demanda diaria de ACS del polideportivo. De este dato dependerá directamente el porcentaje de contribución solar mínima que se detalla en el siguiente punto.

Mes	Nº personas	Nº duchas	A.C.S. (m <sup>3</sup> )
Enero	4774	4774	119,35
Febrero	5014	5014	125,35
Marzo	3920	3920	98
Abril	5614	5614	140,35
Mayo	5480	5480	137
Junio	3574	3574	89,35
Julio	-	-	-
Agosto	1200	1200	30
Septiembre	3918	3918	97,95
Octubre	5824	5824	145,6

Noviembre	4774	4774	119,35
Diciembre	3770	3770	94,25
		<b>TOTAL</b>	<b>1196,55</b>

#### 4.1.3. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada y la demanda energética anual. Esta cobertura mínima de energía solar varía dependiendo de la zona climática y de los diferentes niveles de demanda de ACS.

La normativa más restrictiva la define el decreto de eco-eficiencia, que establece una contribución solar mínima del 65%. Así pues, el presente proyecto se dimensionará para cumplir con el aporte solar mínimo establecido en dicha normativa.

#### 4.1.4. CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

En la tabla siguiente se muestra el cálculo energético para el polideportivo en función de los datos de afluencia y del procedimiento de cálculo justificado.

Mes	Consumo (m3)	Tª media agua red (°C)	Salto térmico (°C)	Necesidades energéticas (termias)	Necesidades energéticas Mensuales (MJ)	Necesidades Energéticas Diarias (MJ)
Enero	119,35	5	55	6564,25	27477,95	886.385
Febrero	125,35	6	54	6768,9	28334,6	1011,95
Marzo	98	8	52	5096	21331,86	688,12
Abril	140,35	10	50	7017,5	29375,25	979,175
Mayo	137	11	49	6713	28100,62	906,47
Junio	89,35	12	48	4288,8	17952,92	598,43
Julio	-	13	47	-	-	-

Agosto	30	12	48	1440	6027,84	194,45
Septiembre	97,95	11	49	4799,55	20090,92	669,7
Octubre	145,6	10	50	7280	30474,08	983,03
Noviembre	119,35	8	52	6206,2	25979,15	865,97
Diciembre	94,25	5	55	5183,75	21699,18	700
					Anual	<b>256844,37</b>

## 5. ENERGÍA SOLAR

### 5.1 INTRODUCCION

La actividad humana en general y más particularmente en su aspecto energético, está presidida por la actuación pasada o presente del sol. El aprovechamiento energético del sol de forma natural o artificial es una constante en nuestra cultura agrícola, urbana, industrial,...

La energía solar como fuente energética presenta como características más peculiares las siguientes:

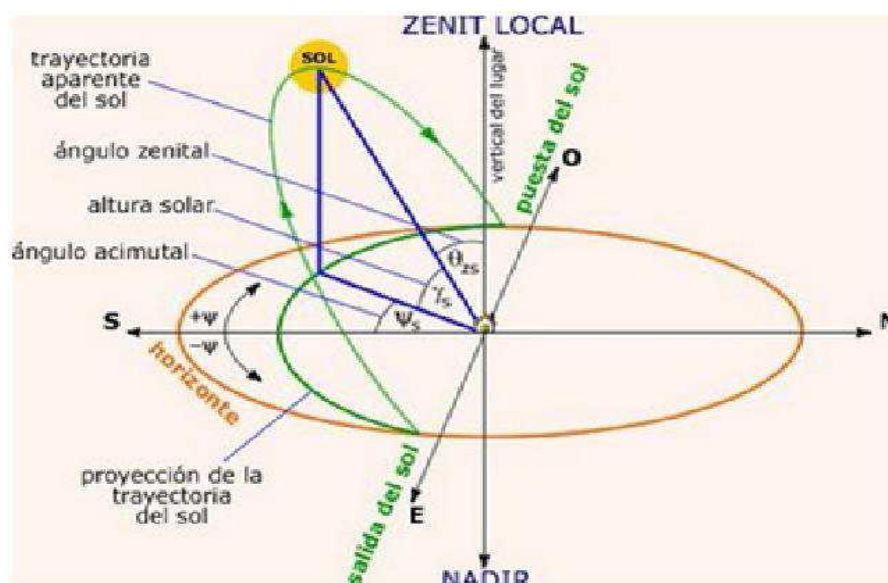
- Elevada calidad energética.
- El impacto ambiental es nulo: la energía solar no produce desechos ni residuos, basuras, humos, polvos, vapores, ruidos, olores,...
- Es una fuente de energía inagotable, por su magnitud y porque su fin será el fin de la vida en la Tierra.
- Se produce en el mismo lugar donde se consume, no necesita transformadores ni canalizaciones subterráneas ni redes de distribución a través de las calles.

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente de energía gratuita, que puede liberar definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras.

## 5.2. FACTORES INFLUYENTES EN LA RADIACIÓN SOLAR

### 5.2.1. POSICIÓN DE LA TIERRA RESPECTO AL SOL

Debido a la inclinación del eje de rotación de la tierra con respecto al plano de su órbita alrededor del sol y su forma esférica, un mismo punto de la superficie terrestre recibe, según la época del año, los rayos con una inclinación diferente y, por tanto, la energía efectiva que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal va considerablemente.



En invierno los rayos de sol caen con un ángulo pequeño respecto de la horizontal, lo contrario que en verano, en que el ángulo es mucho mayor, llegando a alcanzar perpendicularidad en las zonas cercanas al ecuador y en los momentos centrales del día. Por esta razón, la energía total incidente es muchos mayor en verano que en invierno y, si se considera la energía incidente en un determinado periodo de tiempo ( hora por ejemplo) también es mucho mayor en las horas centrales del día (alrededor del mediodía) que en las horas cercanas al amanecer o al anochecer.

En primavera y en verano el arco de la trayectoria solar es más grande, el sol se eleva más sobre el horizonte y permanece más tiempo brillando en el cielo (esto considerando al sol el que realiza el movimiento alrededor de la tierra, que a efectos prácticos es lo mismo). Por el contrario, en invierno los puntos del horizonte por donde sale y se oculta están más próximos entre sí, la trayectoria es más corta y menos elevada, y el tiempo (duración del día solar) que transcurre entre el amanecer y la puesta del sol es mucho menor.



Lógicamente, cuanto mayor es la duración del día solar, más cantidad de energía se podrá recoger a lo largo del día.

Otro factor incluso más importante es el hecho de que cuanto menos elevada sea la trayectoria solar, con menor ángulo incidirán los rayos con respecto al suelo horizontal y la intensidad será menor.

### 5.2.2. EL CLIMA

La mayor o menor cantidad de energía que llega a la superficie también viene determinada por otro factor importante como es la nubosidad existente en la zona.

Las nubes absorben la mayoría de la energía solar, reflejándola por su parte superior y devolviéndola al espacio. En un típico día cubierto, la energía que pasa la capa de nubes es una pequeña fracción de la que llegaría a la superficie si el cielo estuviese despejado.

Como se puede ver, la energía recogida en un día a finales de otoño o principios del invierno es mucho menos que en un día a finales de primavera o principios de verano.

También es importante para los colectores planos destinados al calentamiento de ACS la temperatura media del aire y la velocidad del viento, aunque en menor medida. Por tanto, las condiciones climáticas son el factor más importante a la hora de evaluar las posibilidades que tiene una instalación solar.

### 5.2.3. LA ATMÓSFERA

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

- Radiación directa: la que proviene directamente del sol.
- Radiación difusa: la recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados aunque este número aumenta en los días nublados en los que la radiación directa es muy baja.
- Radiación reflejada: aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie.

La suma de estos tres tipos de radiación se denomina radiación global y es la energía que se puede aprovechar.

#### 5.2.4. RADIACIÓN SOLAR SOBRE SUPERFICIE PLANA

La radiación solar incidente sobre una superficie plana depende de los siguientes parámetros:

- Orientación de la superficie.
- Inclinación de la superficie.
- Latitud del lugar.
- Día del año.
- Hora del día.
- Estado climatológico.

Los tres últimos parámetros se han descrito detalladamente en el apartado anterior.

Los colectores han de orientarse hacia el ecuador (que significa hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte en el hemisferio Sur) ya que de esta forma se aprovecha el máximo de horas de sol. Desviaciones de  $\pm 20^\circ$  respecto de la orientación Sur no afectan de manera notable al rendimiento de la instalación.

La inclinación está íntimamente ligada con la latitud del lugar. La experiencia ha demostrado que es aconsejable una inclinación aproximadamente igual a la latitud del lugar, tolerándose desviaciones de  $\pm 10^\circ$  en función de la época del año en que se desee favorecer la captación. Así, una inclinación mayor favorecería la incidencia de los rayos en los meses invernales y una menor favorecería en primavera y en verano.

#### 5.2.5. SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR: EL COLECTOR

Los sistemas de captación y aprovechamiento solar son todos aquellos dispositivos destinados a convertir la energía proveniente del sol en energía útil. El colector solar es el elemento principal de una instalación solar. Éste se encarga de captar la radiación solar incidente y transformarla en calor, que se cede al fluido caloportador.

#### 5.2.6. CLASIFICACIÓN

Los colectores solares se clasifican en:

- Colectores solares con concentración: aquellos que aumentan la intensidad de la radiación solar incidente mediante la concentración previa de los rayos solares. Requieren una orientación permanente hacia la posición del

sol, y por tanto, deben estar dotados de un mecanismo automático preciso. Solamente se utilizan cuando se requieren temperaturas a partir de 70° C.

- Colectores solares sin concentración: aquellos que utilizan la radiación solar con la misma intensidad con la que incide naturalmente.

Normalmente no se alcanzan temperaturas superiores a los 80° C.

A su vez se clasifican en:

- Colectores sin cubierta: el elemento absorbedor es el propio cuerpo del colector. Recomendables solamente para instalaciones que no requieran temperaturas superiores a 35° C, como el calentamiento de piscinas por ejemplo.

- Colectores con cubierta: las temperaturas de trabajo oscilan entre los 30 y los 90° C. Destacan los colectores de placa plana, que emplean como absorbedor una placa plana y los colectores de vacío en los que el absorbedor está formado por tubos de vidrio de los que se ha extraído el aire. Es el único capaz de proporcionar (sin concentración) temperaturas de unos 70° C. Son más caros que los anteriores y sólo se utilizan cuando la temperatura necesaria sea de más de 60° C.

### 5.2.7. FUNCIONAMIENTO

#### *Funcionamiento general:*

La radiación electromagnética que incide sobre la cubierta transparente del colector solar puede ser total o parcialmente absorbida. Otra parte puede reflejarse, y una tercera, atravesarlo.

Después de atravesar la cubierta, la radiación llega a la superficie del absorbedor, en donde se efectúa la conversión de energía electromagnética en térmica. El absorbedor se calienta y emite a su vez radiación.

La radiación emitida por el absorbedor y devuelta hacia el vidrio de la cubierta es reflejada en un pequeño porcentaje por la superficie interior de dicho vidrio, pero el resto es absorbido, no consiguiendo escapar al exterior. Ahora es el propio vidrio quien se calienta y comienza también a emitir radiación. Aproximadamente la mitad de esa radiación se emite al exterior, perdiéndose, pero la otra mitad vuelve al interior y contribuye así a calentar aún más la superficie del absorbedor. Es éste último fenómeno lo que se conoce como **efecto invernadero**.

### 5.3. EL CAPTADOR SOLAR

El estudio de la energía solar útil del sistema depende directamente del captador solar seleccionado. Para ello, se ha realizado el estudio de 3 modelos más eficientes existentes en el mercado, compatibles con el presente proyecto. Con el programa F-Chart obtenido en la escuela CENIFER.

El cálculo para el dimensionado de la instalación se ha realizado para cada uno de los captadores, con el fin de determinar el captador que mejor se adapta a las necesidades del proyecto. Con el mismo propósito, se han estudiado también diferentes inclinaciones para cada captador.

Para determinar el grado óptimo de inclinación, y teniendo en cuenta que la latitud del municipio es de 42°, se ha optado por estudiar el comportamiento de tres captadores en función de su inclinación, con el fin de determinar el que mejor se adapta a las necesidades del proyecto.

Para la elección del captador, se establece una serie de criterios que permita la comparación objetiva de las variantes estudiadas, hecho que garantiza ser el captador más eficiente para el proyecto.

La orientación debe de ser sur para obtener la mayor captación solar. No hay ningún problema ya que no hay sombras y la colocación en la cubierta del polideportivo no hay ningún inconveniente.

#### - Roth plano

	Roth plano		
Inclinación	30°	35°	40°
kw/h	60888	61288	61352
Superficie ocupada por los captadores	52,1	52,4	52,5

#### - Eurotecan Nordsol

	EurotecanNordsol 1		
Inclinación	30°	35°	40°
kw/h	51740	52079	52115
Superficie ocupada por los captadores	44,3	44,5	44,6

#### - Chromagen CR-12 S8

Chromagen CR-12 S8			
Inclinación	30°	35°	40°
kw/h	62340	62769	62848
Superficie ocupada por los captadores	53,3	53,7	53,8

### 5.3.1. ENERGÍA SOLAR ÚTIL

Los datos de radiación solar proporcionados por el Método F-chart corresponden a medidas realizadas con aparatos de precisión. No obstante, la instalación solar no puede aprovechar el 100% de esta radiación, ya que el vidrio de la cubierta del captador tiene un índice de reflexión en función del ángulo de incidencia.

Este efecto provoca que la radiación solar de las primeras y últimas horas del día sea reflectada casi en su totalidad.

Mes	Tª ambiente media (°C)	Energía teórica (MJ)	Nº horas de sol útiles	Nº horas de sol útiles (s)	Radiación (W/m2)
Enero	7	7,1	9,3	28800	246,8
Febrero	7	10,5	10,4	32400	324,2
Marzo	11	14,2	11,7	32400	438,2
Abril	13	16,2	13,3	34200	474,9
Mayo	16	18,3	14,4	34200	535,8
Junio	20	20,8	15,0	34200	609,5
Julio	22	22,7	14,7	34200	664,4
Agosto	23	21,8	13,7	34200	638,1
Septiembre	20	18,4	12,2	32400	568,7
Octubre	15	13,6	10,7	32400	419,1
Noviembre	10	9,1	9,6	28800	314,9
Diciembre	8	6,5	9,0	27000	242,2

### 5.3.2. ENERGÍA EFECTIVA DE LOS CAPTADORES

A partir de los rendimientos mensuales del captador estudiado y de la energía útil diaria, se puede determinar la energía efectiva para calentar el líquido que circula por el captador.

Mes	Energía total teórica E (MJ)	$\eta$ (%)	Aportación solar por m <sup>2</sup>	Reducción pérdidas 15%	Energía neta por m <sup>2</sup> de panel (MJ)
Enero	7,1	71,96	2,466	2,096	134,6
Febrero	10,5	72,23	4,2133	3,5814	180,5
Marzo	14,2	72,62	8,2912	7,047	271,7
Abril	16,2	72,82	9,0316	7,6768	300,8
Mayo	18,3	72,89	10,324	8,775	351,5
Junio	20,8	72,97	11,475	9,754	387
Julio	22,7	72,96	13,0627	11,1033	436,4
Agosto	21,8	72,89	12,361	10,5068	418,7
Septiembre	18,4	72,82	12,4666	10,5966	341,7
Octubre	13,6	72,6	7,8597	6,6893	260,2
Noviembre	9,1	72,37	4,0105	3,409	167,9
Diciembre	6,5	72,06	2,3939	2,0349	123,4
				Anual	<b>3374,4</b>

### 5.3.3. PÉRDIDAS EN EL SISTEMA

Del total de la energía efectiva que puede absorber el captador, solo una parte es aprovechada por el usuario en forma de ACS, el resto se pierde en forma de calor residual a través de las paredes del acumulador, las tuberías, las válvulas y el resto de accesorios del circuito.

La evaluación con exactitud de estas pérdidas depende de la temperatura del fluido en el circuito primario y secundario, la temperatura ambiente, la calidad y el grueso de los aislamientos y su colocación, etc. Empíricamente se ha establecido un valor de pérdidas generales del 1 al 15% de la energía obtenida en el captador. Este valor puede modificarse hasta el 8-

10% en instalaciones donde el consumo está concentrado en determinadas horas del día o en aplicaciones estacionales no invernales. Por otro lado, se puede llegar hasta pérdidas del 20% en instalaciones donde el desfase horario es elevado entre la producción y el consumo

En este caso, el horario de apertura del polideportivo coincide con las horas de luz solar, por lo que no existe ningún tipo de desfase entre la producción de la energía y el consumo. Así pues, se ha utilizado un coeficiente de 0,94, un valor de pérdidas general razonablemente bajo.

## 5.4. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

### 5.4.1. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN NECESARIA

Para conseguir la superficie necesaria de paneles solares se realiza dividiendo las necesidades energéticas en MJ entre la energía neta anual por m<sup>2</sup> de panel también en MJ.

$$S_{captacion} = \frac{E_{ACS solar anual}}{E_{ef sistema}}$$

$E_{ACS solar anual}$ : Energía anual producida por la instalación solar térmica (256844.37 MJ).

$E_{ef. Sistema}$ : Energía efectiva anual aprovechada por el sistema (3374.4 MJ)

$$\text{Superficie colectora necesaria} = \frac{256844.37}{3374.4} = 76,1155 \text{ m}^2$$

### 5.4.2. NUMERO DE CAPTADORES

Para calcular el número de paneles solares que se requieren para la instalación se divide el área total necesaria entre el área de absorción de cada panel:

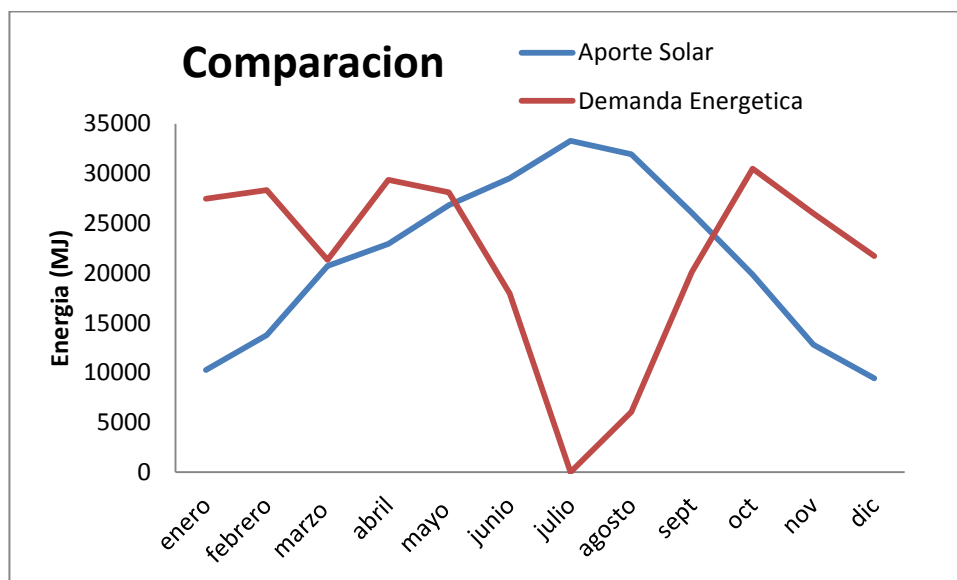
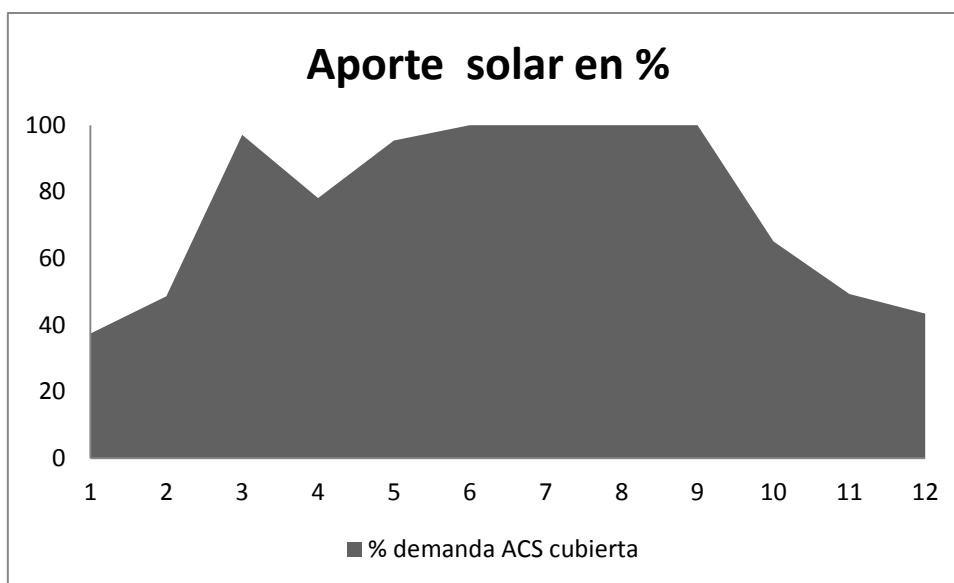
$$N_{captadores} = \frac{S_{captacion}}{S_{util captador}}$$

$N^{\circ}$  de paneles =  $76,12/2,46 \rightarrow 30,94 \approx 31$  paneles solares Chromager CR-12 S8

$$31 \cdot 2,46 = 76,26 \text{ m}^2 \text{ de superficie colectora}$$

### 5.4.3. RESUMEN Y GRÁFICOS

Como se observa en la gráfica en los meses centrales del año está cubierta casi toda la demanda de A.C.S. teniendo que tapar los colectores en los meses de verano para que no se produzca sobrecalentamiento en la instalación solar. En los meses más frío el apoyo de la caldera será mayor.



## 6. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA



## 6.1. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica es una alternativa muy interesante en una gran variedad de aplicaciones, entre las que se encuentra el agua caliente sanitaria, la calefacción, la climatización de piscinas, o la producción de calor en multitud de procesos industriales.

A la larga lista de usos plenamente probados y contrastados tras varias décadas de experiencia, hay que añadir otros que empiezan a tener grandes expectativas de desarrollo a corto y medio plazo, como es el caso de la refrigeración de ambientes por medio de procedimientos solares.

- **Producción de agua caliente sanitaria.** En la actualidad la energía solar térmica ofrece una solución idónea para la producción de agua caliente sanitaria, al ser una alternativa completamente madura y rentable. Entre las razones que hacen que esta tecnología sea muy apropiada para este tipo de usos, cabe destacar los niveles de temperaturas que se precisan alcanzar (normalmente entre 40 y 45°C), que coinciden con los más adecuados para el buen funcionamiento de los sistemas solares que se comercializan en el mercado.

- **Sistemas de calefacción.** En el centro y en el norte de Europa resulta muy habitual emplear este tipo de instalaciones para cubrir parte de la demanda de calefacción. Además, estos equipos suelen ser compatibles con la producción de agua caliente sanitaria, existiendo elementos de control que dan paso a la calefacción una vez que se han cubierto las necesidades de agua caliente, o bien aprovechando el calor del fluido que circula en el captador para calentar el espacio cuando la calefacción funciona a temperaturas menos elevadas.

- **Climatización de piscinas.** La climatización del agua para piscinas constituye otra aplicación interesante, tanto si se trata de instalaciones cubiertas como a la intemperie. Estas últimas merecen especial atención al existir en gran número y al conseguir resultados más que satisfactorios con sistemas sencillos y baratos.

- **Refrigeración en edificios.** El aprovechamiento de la energía solar para producir frío es una de las aplicaciones térmicas con mayor futuro, pues las épocas en las que más se necesita enfriar el espacio coinciden con las que se disfruta de mayor radiación solar. Además, esta alternativa a los sistemas de refrigeración convencionales es doblemente atractiva porque permite aprovechar las instalaciones solares durante todo el año, empleándolas en invierno para la calefacción y en verano para la producción de frío.

- **Usos en la industria.** La energía solar también reporta importantes beneficios en el ámbito de la industria, de modo especial en los procesos que requieren un considerable caudal de calor para secar, cocer, limpiar o tratar ciertos productos.

## 6.2. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica aprovecha la radiación solar para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable.

La conversión de la energía luminosa del Sol en energía calorífica se produce directamente de forma cotidiana, sin que sea necesaria la intervención del hombre en este proceso. En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valen de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. No obstante, con el objetivo de evitar fugas de energía, los sistemas de captación solar imitan los procesos naturales que tienen lugar en la Tierra, donde el cristal, como la atmósfera de nuestro planeta, tiene la propiedad de ser atravesado fácilmente por las ondas cortas de los rayos solares, al mismo tiempo que se comporta como un muro impenetrable ante las radiaciones de onda larga. Cuando los rayos solares atraviesan una superficie acristalada se produce un aumento de temperatura en el interior del habitáculo.

Entonces, el cristal actúa como una trampa de calor que impide que la energía calorífica pueda salir al exterior.

Cualquier sistema de captación solar se basará, pues, en combinar el efecto de cuerpo negro con el efecto invernadero, con lo que, por un lado, se consigue aprovechar gran parte de la radiación que llega hasta una instalación solar, y por otro, impedir la fuga de calorías una vez ganadas.

## 6.3. FUNCIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

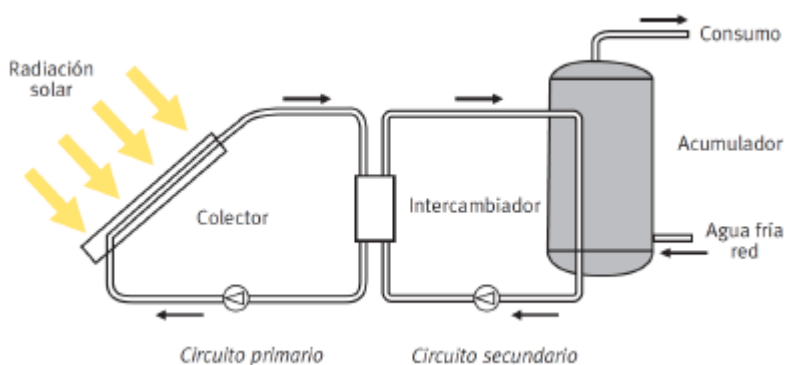
Así, la posibilidad de captar la energía solar desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo.

El procedimiento actual que se lleva a cabo en cualquier instalación solar consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares. Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible.

No obstante, los depósitos de almacenamiento terminan por perder la energía térmica conseguida a lo largo del tiempo, por lo que el funcionamiento de la instalación también estará condicionado por la cantidad de radiación solar que llega hasta el captador y por la demanda de energía de cada momento.

Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario. En estas ocasiones, entrará automáticamente en funcionamiento un sistema de calentamiento auxiliar que permite compensar el déficit existente.

Este sistema de apoyo utilizará los medios energéticos convencionales, como el gas, la electricidad o el gasóleo. El esquema básico de una instalación solar de baja temperatura con aplicación de agua caliente sanitaria se puede observar en la siguiente figura.



En la actualidad, una instalación de energía solar cubre del 50 al 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria de una vivienda, aunque en zonas de gran soleamiento a lo largo del año, como por ejemplo el sur de España, el porcentaje de aporte puede ser superior.

La razón por la que las instalaciones solares no se diseñan para cubrir el 100% del consumo es porque, de hacerse así, sería necesario instalar costosos sistemas de acumulación de energía a largo plazo que harían económicamente inviable este tipo de equipos.

#### 6.4. POSIBILIDADES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución es el que se encarga de transportar el fluido caliente contenido en los captadores solares hasta el punto de consumo. Existen diferentes circuitos de distribución, dependiendo de las necesidades que pretendamos satisfacer o las condiciones climáticas del lugar donde se va a realizar la captación.

En España, los más utilizados para instalaciones de ACS son los sistemas de distribución de circuito cerrado, ya sean con termosifón o circulación forzada. Es decir, aquellos que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

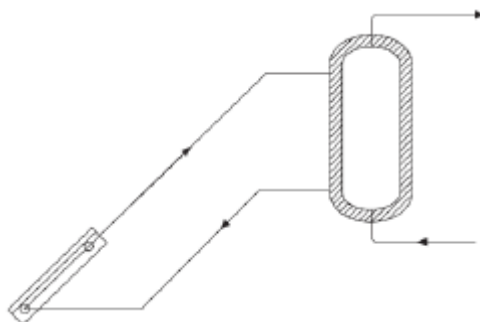
No obstante, existen diferentes sistemas de circulación en el mercado, que tienen como principal función impedir que se pierda la energía térmica obtenida en los captadores solares.

#### **6.4.1. INSTALACIONES DE CIRCUITO ABIERTO**

Estos sistemas transfieren directamente el agua producida en el captador solar hacia el depósito de acumulación. El funcionamiento de estos equipos es muy simple: cuando el captador es calentado por el Sol, el agua aumenta de temperatura desplazándose hacia arriba. Una vez en el depósito de almacenamiento, éste se vacía con una cantidad equivalente de agua más fría que se dirige al captador.

La principal ventaja de estos sistemas es que resultan más económicos, más sencillos de fabricar, de instalar e incluso obtienen mejores rendimientos energéticos. Por el contrario, el principal inconveniente es que al utilizar como único fluido de circulación el agua se corre el riesgo de rotura en periodos de heladas o la posibilidad de graves problemas de incrustaciones por la calidad de las aguas.

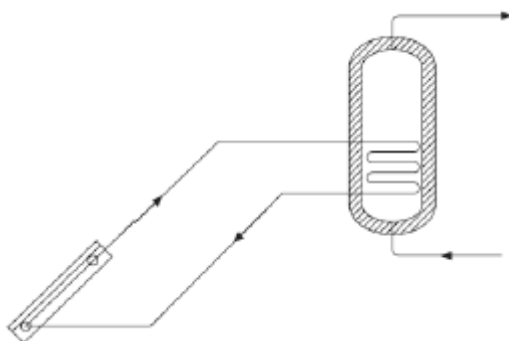
Para evitar este tipo de problemas, en el caso de las obstrucciones en el sistema de captación habrá que utilizar ciertos aditivos o dispositivos electrónicos. Por su parte, ante las heladas estacionales será necesario vaciar el circuito durante la época más fría del año, ya que el volumen del hielo es mayor que el del agua líquida y puede llegar a producir daños importantes en el equipo. Por este motivo, las instalaciones de circuito abierto son empleadas en lugares donde no se dan heladas a lo largo del año (zonas costeras de países cálidos), o bien en aplicaciones temporales (establecimientos de hostelería de temporada, piscinas descubiertas, etc.).



### 6.4.2. INSTALACIONES DE CIRCUITO CERRADO

En este caso existen dos circuitos: el circuito primario del sistema captador y el circuito secundario donde se encuentra el sistema de almacenamiento. En el circuito primario se introduce un líquido especial que circula por dentro del captador y transmite calor al agua del tanque de almacenamiento por medio de un intercambiador de calor. Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador.

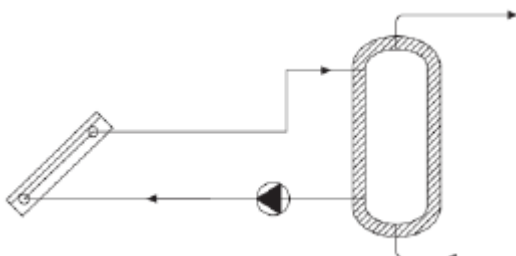
Así, es posible colocar un componente anticongelante para evitar riesgos de congelación y ebullición, así como mejorar la durabilidad de la instalación, teniendo en cuenta las propiedades menos corrosivas de la mezcla del agua y congelante que el agua solo.



### 6.4.3. CIRCULACIÓN FORZADA DE AGUA

Los sistemas de circulación forzada están basados en una bomba de impulsión movida por un aporte exterior de energía eléctrica; un gasto que se debe tener en cuenta a la hora de optar por este tipo de mecanismos. La bomba de circulación colocada en el sistema de captación tiene como principal función transferir el fluido circulante más rápidamente, impidiendo así que se pueda perder parte de las calorías ganadas en el proceso de distribución.

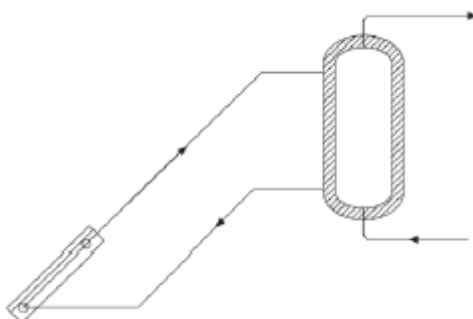
La utilización de esta bomba también permite interrumpir la transferencia de calor cuando el agua de los captadores no circule más caliente que la del depósito. Este sistema es muy común en climas fríos, donde cualquier pérdida de calorías puede restar eficacia a la instalación solar. Este tipo de circulación se utiliza para instalaciones solares de cualquier tamaño.



#### 6.4.4. CIRCULACIÓN NATURAL O CON TERMOSIFÓN

Estos sistemas tienen la ventaja de no contar con bombas de impulsión, aprovechando la circulación natural del agua caliente, que por naturaleza tiende a ascender. Los sistemas con termosifón son muy utilizados en áreas geográficas con climas más cálidos y para instalaciones solares pequeñas.

Estos circuitos se basan en la variación de densidad de un fluido al modificar su temperatura. En el captador, la entrada del fluido caloportador está en la parte inferior, que al calentarse por efecto del Sol, el fluido aumenta su temperatura y disminuye su densidad, por lo que tiende a ascender. Este efecto es continuo en todo el captador, por lo que el fluido adquiere suficiente inercia como para salir por la parte superior del captador hasta el acumulador, donde cede energía calorífica al agua contenida en el acumulador. Al disminuir la temperatura del fluido, aumenta su densidad y tiende a descender, con lo que se cierra el circuito de circulación.



En este apartado se muestran los resultados obtenidos del procedimiento descrito en los cálculos realizados. *Dimensionado de la*

*instalación.* En el apartado de los cálculos se define la instalación solar térmica propuesta, analizando todas las opciones disponibles y justificando las soluciones adoptadas.

A efectos descriptivos, la instalación solar térmica se ha dividido en:

- El sistema de captación, que comprende la distribución y el dimensionado del campo de captadores.
- El circuito primario, en el que se incluye el trazado de los conductos, el grupo de presión, el fluido caloportador y el intercambiador de calor, además de otros accesorios necesarios encargados de transferir la energía captada en los colectores hasta la acumulación.
- El sistema de acumulación, que corresponde al circuito encargado del almacenamiento de ACS y el dimensionado de los componentes de éste sistema.
- El sistema de apoyo convencional, que define el circuito de energía auxiliar formado por la caldera, la bomba de circulación y el intercambiador de calor.
- El sistema de regulación, que controla las actuaciones de válvulas y bombas del circuito para el correcto funcionamiento de la instalación.

## **6.5. EL SISTEMA DE CAPTACIÓN**

Es la parte de la instalación encargada de captar la energía proveniente del sol y transmitirla al fluido caloportador. Es el componente más importante de una instalación de energía solar térmica y es el elemento diferenciador con respecto a una instalación convencional de producción de calor. Del correcto dimensionado del sistema de captación va a depender el rendimiento general de la instalación y el buen funcionamiento de la misma.

Existen diferentes tipos de captadores solares, con rendimientos y costes diferentes, por lo que hay que buscar el tipo más apropiado para cada aplicación.

De forma general se distinguen tres tipos de captadores solares: planos, sin cubierta y de vacío.

### **6.5.1. EL CAPTADOR SOLAR**

En el apartado de cálculos se justifica la elección del captador. La elección se ha realizado a partir del estudio energético del proyecto en función de varios captadores a diferente inclinación, comparando entre ellos una serie de criterios que permite la comparación objetiva entre ellos. El captador que

resultó ser el más eficiente para el proyecto fue el Chromager CR-12 S8 con una inclinación de 35°, cuyas características técnicas del captador pueden consultarse en la ficha técnica del mismo.

El captador Chromager CR-12 S8, al igual que todos los captadores solares planos destinados a la producción de agua caliente sanitaria, consiste en una caja herméticamente cerrada. En la cara superior se coloca una superficie acristalada que deja atravesar la radiación solar e impide que se pierda la ganancia térmica obtenida. En este caso, como se puede ver en las características técnicas la cubierta transparente es un vidrio solar templado de alta seguridad (3.5mm).

En el interior del sistema captador se encuentra la placa absorbidora, fabricada con materiales que conducen bien el calor, en este caso lámina de aluminio, esta placa tiene un funcionamiento parecido al de un radiador, con una disposición de tubos absorbedores de cobre de 8 x 0,5mm. El captador dispone de 4 conexiones de tubo liso de cobre con una hembra de 3/4" de bronce.

En cuanto al rendimiento del captador, existe una normativa oficial para la homologación de estos equipos en la que se evalúa la curva característica de los diferentes modelos. El captador solar térmico Chromager CR-12 S8 cumplen todas las especificaciones actualmente establecidas por la Orden IET/401/2012 de 28 de febrero sobre exigencias técnicas de los paneles solares.

En cuanto a la orientación de los captadores, la opción adoptada ha sido la de la máxima captación, esto quiere decir que la orientación es 0° sur.

Además, con la misma intención de obtener el máximo aprovechamiento energético en instalaciones con una demanda de ACS sensiblemente constante a lo largo del año se ha estudiado el comportamiento de diversos captadores en función de su inclinación optando por la mejor opción de 35°.

Por otro lado, las filas de colectores se dispondrán de forma que las primeras no proyecten sombras sobre las siguientes. La distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo de altura  $h$ . En nuestro caso la distancia  $d$  mínima  $h$  a de ser de 3,75 m.

## - **DESCRIPCIÓN DEL CAPTADOR**

Según la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares”:



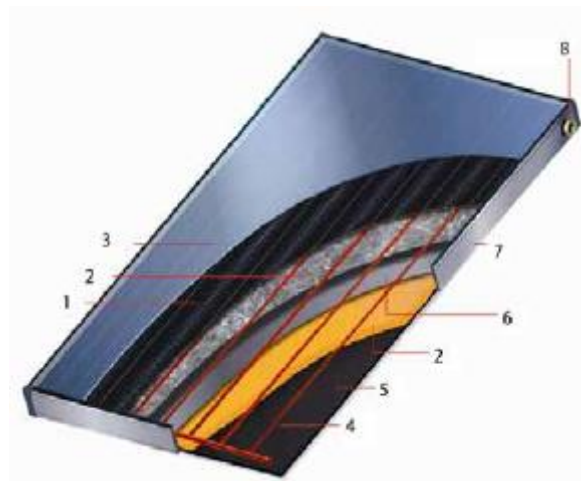
La **certificación de los paneles solares** exige el “ensayo de eficiencia” de la norma UNEEN 12975 y para el 2008, la serie de ensayos completa.

La **certificación de los sistemas prefabricados**, hasta el 2008, el ensayo del captador se hará de forma independiente y pasado este período, habrá que hacer el ensayo completo según la norma UNE-EN 12976. La certificación se llevará a cabo en laboratorios acreditados, que son aquellos que cumplen la norma UNE-EN-ISO/IEC 17025. Además habrá que poseer la Norma UNE-EN ISO 9001 o garantizar el mismo nivel de calidad.

Los productos que sean certificados por un laboratorio acreditado fuera de España no tendrán que volver a pasar los ensayos de certificación en un laboratorio español. Para su aceptación en el mercado nacional (y así poder ser utilizados en el ámbito del CTE y las subvenciones) los productos tendrán que presentarse en el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Los captadores solares Chromagen están formados por los siguientes componentes:

1. Superficie de absorción: aletas de cobre con recubrimiento selectivo Alta absorptividad, baja emisividad. Soldadura ultrasónica aletas- tubos de cobre.
2. Red de Conductos: Conductos de cobre de 1 mm soldados a colectores principales de 23mm.
3. Conexiones de tubería: cuatro conexiones de tres piezas juntas de bronce.
4. Lámina de aluminio: Un panel único diseñado para reducir la reflectividad, y aumentar su resistencia y duración
5. Caja de aluminio: caja de aluminio extruido.
6. Burlete de goma: El burlete de goma de
7. EPDM, absorbe la expansión de los marcos y del panel de vidrio.
8. Red de Tuberías: Tuberías de cobre de 8 mm, por donde circula el fluido caloportador.
9. Conectores hembra.



### 6.5.2. DISTRIBUCIÓN Y COLOCACIÓN DE LOS CAPTADORES

Existen dos opciones o tipologías básicas para agrupar dos o más captadores, en serie y en paralelo. Además, se puede configurar un campo de captación combinando las dos agrupaciones, denominándose circuitos mixtos.

En el presente proyecto, teniendo en cuenta la recomendación del RITE, se ha optado por la conexión en paralelo para la instalación. No obstante, independientemente de la solución adoptada con respecto a la configuración del campo de captadores, existe una serie de consideraciones a tener en cuenta para distribuirlos en baterías y conectarlos entre sí.

- La disposición de los captadores debe facilitar las operaciones de reparación y mantenimiento, como también el desmontaje fácil para posibles sustituciones.
- La longitud de las tuberías debe ser la más corta posible para evitar pérdidas de carga y de calor.
- Se debe evitar la formación de bolsas de aire en el circuito, por eso, en los tramos de tuberías horizontales se dejará como mínimo una pendiente del 1% y se evitará producir el efecto sifón, tal y como establece el RITE.
- El campo de colectores deberá tener equilibrada la pérdida de carga entre las diferentes baterías de colectores de forma que el caudal circulante sea similar entre ellos.

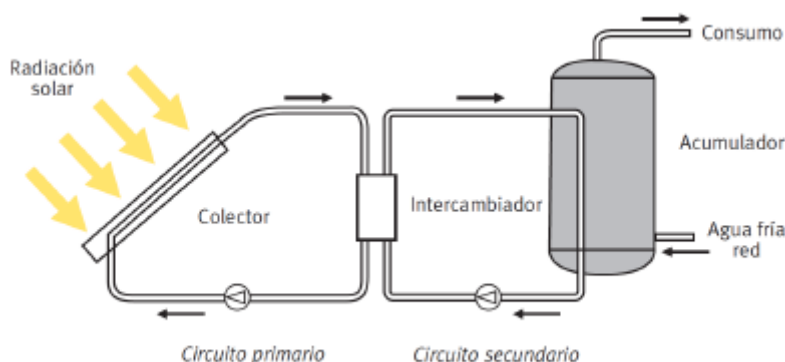
Según el fabricante, la configuración de los captadores verticales permite la conexión de hasta 6 unidades en paralelo sin que existan problemas de dilataciones ni de desequilibrios hidráulicos. Además, para la conexión en

paralelo de varias baterías de captadores, se ha utilizado el método de retorno invertido para conseguir el equilibrado hidráulico de todo el circuito.

Los 30 captadores se han distribuido en 5 baterías de 6 captadores cada una, y a su vez, se han conectado en paralelo. Cada grupo de 6 captadores cuenta con válvulas tipo esfera a la entrada y salida de la batería y un purgador en la parte más alta de cada batería.

Para la colocación de los captadores a  $35^\circ$  de inclinación sobre el techo se utilizan estructuras de soporte para 6 captadores. La estructura utilizada está formada por perfiles de acero normalizados para resistir los efectos climatológicos. Los captadores se fijan a la estructura a través de un sistema de sujeción realizada a medida. La estructura donde se colocan los captadores tienen una inclinación de  $15^\circ$  más los  $20^\circ$  que tiene el techo. Teniendo que colocar accesorios niveladores para que estén los colectores al mismo nivel.

## 6.6. EL CIRCUITO SOLAR



El circuito primario lo componen aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el sistema de acumulación. El elemento principal para la transferencia de energía es el intercambiador de calor. Además, se describen en este capítulo las conducciones, el vaso de expansión y la bomba de circulación.

Las instalaciones de energía solar térmica se pueden dividir en función del sistema de transferencia, pudiendo ser directa o indirecta. A efectos de este proyecto se considerará el tipo de transferencia indirecta, es decir, aquellas instalaciones que cuentan con un sistema de doble circuito en el que el fluido que transita por el captador es diferente al que corre a través del tanque de almacenamiento.

Lo que se pretende con el sistema de doble circuito es evitar que el agua del depósito se pueda mezclar con el líquido del captador. Así, es posible colocar un componente anticongelante para evitar riesgos de congelación y

ebullición, así como mejorar la durabilidad de la instalación, teniendo en cuenta las propiedades menos corrosivas de la mezcla del agua y congelante que el agua solo.

En los planos se detallan todos los elementos.

### **6.6.1. DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTOS HIDRÁULICOS**

El material empleado para las conducciones será el cobre, ampliamente utilizado en instalaciones de todo tipo, y el más aconsejable para instalaciones de energía solar, por ser técnicamente idóneo y económicamente competitivo.

Según el RITE, el caudal del fluido caloportador se determinará a partir de las especificaciones del fabricante de los captadores solares. El captador Chromager CR-12 S8, como se puede ver en las características técnicas, recomienda un caudal nominal de 70 l/h por m<sup>2</sup> de captación, es decir, 160,3 l/h.

Teniendo en cuenta la velocidad máxima permitida para evitar ruidos y vibraciones.

En el aparatado de cálculos se describe todos los conductos hidráulicos con los caudales, diámetros y pérdida de cargas de los tramos.

## **6.7. BOMBAS DE CIRCULACIÓN**

La bomba de circulación es el elemento de la instalación solar térmica encargado de mover el fluido del circuito primario y otros circuitos cerrados de la instalación como el circuito entre el acumulador y el intercambiador, anillos de recirculación, circuitos de calefacción, etc.

En el caso particular del circuito primario solar, el objetivo de forzar esta circulación es transportar el calor desde los captadores solares hasta el intercambiador, compensando las pérdidas de carga (resistencia al movimiento del fluido) de los diferentes accesorios que forman el circuito: tuberías, válvulas, derivaciones, captadores e intercambiador.

### **6.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN**

Una bomba de circulación está constituida por dos partes diferenciadas:

- Un cuerpo hidráulico, fabricado con diferentes materiales (hierro fundido, bronce, acero inoxidable) que alberga el rodete de impulsión.

- Un motor eléctrico, fijado al cuerpo hidráulico mediante tornillos, que acciona el rodete de impulsión.

Ambas partes forman un conjunto compacto equipado con las correspondientes conexiones eléctricas del motor y unión hidráulica a la tubería. El material del cuerpo hidráulico define su aplicación en función del fluido que transportan, de este modo, se puede distinguir el tipo de material en función de la aplicación.

- *Circuitos cerrados*: El hierro fundido es el material más utilizado en la fabricación del cuerpo hidráulico ya que resulta más económico que otros materiales. El fluido que circula es siempre el mismo, generalmente agua con aditivos y anticongelantes. Además, este fluido no es de consumo, por tanto no tienen que mantener inalteradas las características del agua.

- *Circuitos abiertos*: El bronce y el acero inoxidable son los materiales más utilizados en circuitos abiertos. El fluido que circula es agua de consumo y por tanto las sales pueden producir problemas de calcificación y corrosión a ciertos materiales, como el hierro fundido. Además, al tener que estar en contacto con el agua de consumo, el material de construcción del rodete debe mantener inalteradas las características del agua.

Por lo que respecta a los motores eléctricos de las bombas, son de tipo de inducción y se alimentan con tensiones de 240V de corriente alterna monofásica y/o 380V de trifásica con frecuencia de 50Hz, en función de la capacidad de transporte del fluido.

Una de las características importante que tienen las bombas de circulación es la posibilidad de seleccionar diferentes rangos de caudal mediante un selector de velocidades que llevan incorporado en la caja de conexiones del motor.

Generalmente disponen de 3 o 4 posiciones, dependiendo del fabricante, permitiendo así adaptar la bomba a diferentes regímenes de caudal en función de las pérdidas de carga del circuito.

En general, las condiciones técnicas que deben cumplir las bombas son:

- Temperatura máxima de trabajo: 110°C
- Presión máxima del circuito: 10 Kg/cm<sup>2</sup>

### 6.7.2. ELECCIÓN BOMBA DE CIRCULACIÓN CIRCUITO PRIMARIO

En una instalación hidráulica la presión no se mantiene constante ya que parte de la presión es utilizada para vencer la resistencia del paso del fluido por el interior del circuito (pérdidas por rozamiento) y para alcanzar la altura geométrica (pérdidas por altura manométrica).

El concepto de pérdidas de carga por rozamiento de la instalación lleva implícita dos tipos de pérdidas:

- Las pérdidas continuas ocasionadas por las paredes de las tuberías y que depende del material de la tubería y de su coeficiente de rugosidad, del diámetro, del caudal y de la velocidad del fluido.
- Las pérdidas localizadas ocasionadas por los accesorios, cambios de dirección, etc.

Hay que tener en cuenta que el fluido caloportador no es agua, por lo que los datos de pérdida de carga por rozamiento deben multiplicarse por un factor de corrección.

$$\text{Factor} = \sqrt{\frac{\text{viscosidad de la mezcla}}{\text{viscosidad del agua}}} = \sqrt{\frac{2,01}{0,8279}} = 1,248$$

$$(2,04 + 0,51 + 1,61 + 0,0317) * 1,248 = 5,23 \text{ m.c.a.}$$

Una vez obtenidas las pérdidas totales del circuito primario y el caudal máximo se obtiene la altura mínima para la bomba de circulación. En toda bomba de circulación, se opta por colocar 2 bombas en paralelo del tipo **GrundfosUPSerie 100**. Este hecho permite asegurar el funcionamiento en caso de avería de una de las bombas.



### 6.7.3. BOMBA DEL CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR

El sistema de acumulación necesita de una bomba de circulación para hacer circular el agua caliente sanitaria hacia el intercambiador de calor, donde se producirá el intercambio de energía.

Se escoge la bomba para A.C.S. **Grundfos UP(S)-B Series 100**. Según la gráfica, es capaz de llevar el caudal deseado y superar las pérdidas de las

tuberías. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente, como en el caso anterior.

## 6.8. EL INTERCAMBIADOR DE CALOR

El intercambiador de calor es el elemento de la instalación encargado de transferir el calor generado en los captadores solares al agua del depósito mediante el movimiento forzado del fluido caloportador sin que exista mezcla entre los dos fluidos, es decir, con separación física del fluido que circula por el circuito primario del que lo hace por el circuito secundario.

Las ventajas que presenta una configuración de circuitos independientes son:

- El circuito primario trabaja a la presión adecuada para los captadores, sin fluctuaciones importantes.
- El fluido utilizado en el circuito primario es un líquido térmico con anticongelante e inhibidores para proteger los captadores de posibles heladas y de calcificación.
- La circulación del circuito primario puede ser regulada con criterios de optimización energética.

### 6.8.1. TIPOS DE INTERCAMBIADORES LÍQUIDO-LÍQUIDO

En función del tipo de fluidos utilizados, se pueden clasificar los intercambiadores en:

- *Líquido-líquido*
- *Líquido-gas*
- *Gas-gas*

De estas tipologías, la más utilizada en los sistemas de energía solar térmica son los intercambiadores *líquido-líquido*. Estos intercambiadores pueden situarse dentro o fuera del acumulador dependiendo de la complejidad de la instalación.

En función de esta ubicación se establecen dos categorías.

#### ▪ ***Intercambiadores incorporados en el acumulador***

En instalaciones pequeñas es aconsejable utilizar intercambiadores situados dentro del acumulador ya que son más económicos. Esta tipología es

la más utilizada en las instalaciones solares tanto en sistemas de termosifón como en sistemas forzados con capacidad de hasta 500 o 1500 litros.

Los materiales de fabricación de este tipo de intercambiadores son el acero inoxidable, acero vitrificado, acero galvanizado y el cobre, siendo de más amplia aplicación los dos primero. El intercambiador tipo serpentín, aún teniendo menos superficie, al estar sumergido en el fluido del secundario permite tener mejor rendimiento que el de doble pared.

▪ ***Intercambiadores no incorporados en el acumulador***

En instalaciones con depósitos superiores a los 1500 litros se deberán utilizar intercambiadores externos al acumulador ya que, por una banda, permiten obtener la potencia necesaria sin limitaciones, y por otra, los fabricantes suministran estos acumuladores sin intercambiador incorporado.

Los intercambiadores de tubos fueron los primeros en utilizarse en la industria desde hace décadas. Actualmente los intercambiadores de placas los han sustituido prácticamente por completo por sus mejores prestaciones.

## **6.8.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS INTERCAMBIADORES**

Generalmente, los intercambiadores de calor están diseñados para condiciones de funcionamiento diferentes a las que normalmente trabaja una instalación solar térmica. En sistemas de producción de ACS con caldera de gas doméstica, un intercambiador de placas se diseña a partir de unos parámetros de funcionamiento, que son diferentes a los de una instalación solar térmica, por lo que el intercambiador se deberá calcular con los parámetros correspondientes al sistema solar. Esto implica que los saltos térmicos serán más bajos y las temperaturas de operación en el circuito primario más bajas que en un sistema con caldera.

Los datos del circuito primario solar dependen de la superficie de captación del salto térmico que puede asumir manteniendo un rendimiento óptimo. En cuanto al circuito secundario se pueden asumir saltos térmicos parecidos o más pequeños que en el primario y nunca imponer las mismas condiciones que en un sistema convencional con caldera donde se debe calentar el agua de red, aproximadamente de media anual 10°C, hasta la temperatura de consumo instantánea de 45°C.

Las características mínimas de diseño que debe cumplir el intercambiador para un sistema solar térmico son:

- Salto térmico máximo en el primario de 15°C a la máxima potencia de captación.



- Presión de trabajo mínima: la de las válvulas de seguridad.
- Temperatura de trabajo de 110°C.
- Materiales compatibles con los fluidos de trabajo y las tuberías.

### 6.8.3. ELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

El intercambiador de calor es el elemento de la instalación encargado de transferir el calor generado en los captadores solares al agua del depósito mediante el movimiento forzado del fluido caloportador sin que exista mezcla entre los dos fluidos, es decir, con separación física del fluido que circula por el circuito primario del que lo hace por el circuito secundario.

En el presente proyecto, al tratarse de una instalación solar térmica considerable, se ha utilizado un intercambiador externo ubicado fuera de los depósitos de acumulación, ya que los parámetros característicos del intercambio serán mejores, y porque la inversión necesaria para estos elementos externos es asumible para tales dimensiones.

El intercambiador es de **Alfa laval, Modelo M3 FG** de una potencia de intercambio de 49KW



### 6.9. EL VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión es uno de los elementos que asegura el correcto funcionamiento de la instalación. Consiste básicamente en un depósito que contrarresta las variaciones de volumen y presión que se producen en un circuito cerrado cuando el fluido aumenta o disminuye de temperatura.

Cuando el fluido que circula por el circuito cerrado aumenta de temperatura se dilata, aumenta de volumen y llena el vaso de expansión. Cuando la temperatura desciende el fluido se contrae saliendo del vaso de expansión para volver al circuito. La capacidad necesaria del vaso de expansión depende de la capacidad total del circuito, de la temperatura del agua y de la presión a la que se trabaja.

Esta capacidad varía en función del tipo de vaso de expansión empleado.

### 6.9.1. TIPOLOGÍAS DE VASOS DE EXPANSIÓN

Existen dos tipologías básicas de vasos de expansión en el mercado:

– ***Vasos de expansión abiertos:***

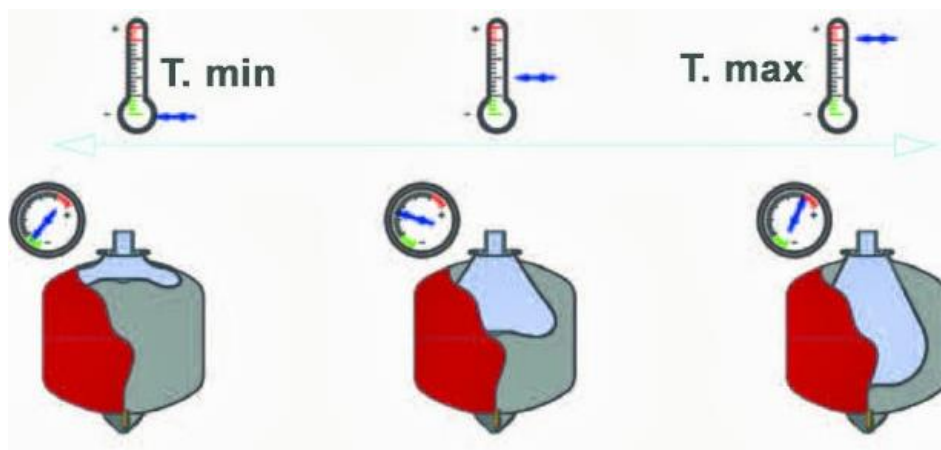
Estos elementos consisten en un depósito de plancha de acero galvanizado abierto que trabaja a la presión atmosférica. Actualmente, este tipo se utiliza muy poco debido a los inconvenientes que presenta, pérdidas de fluido por desbordamiento y pérdidas de calor. Por normativa, la utilización de estos elementos está limitada a instalaciones de potencia térmica inferior a 70 kW.

– ***Vasos de expansión cerrados:***

Consiste en un pequeño depósito normalmente de acero. En su interior contiene una membrana que lo divide en dos partes, una que está conectada hidráulicamente al circuito cerrado de la instalación y otra que contiene un gas, normalmente nitrógeno. Este sistema permite que, en las dilataciones del fluido del circuito, la membrana se deforme comprimiendo el gas y permitiendo que se mantenga constante la presión del circuito cerrado y por tanto, no se castiguen las tuberías ni los elementos de la instalación.

Cuando el fluido se enfría, el gas vuelve al volumen inicial empujando el fluido fuera del vaso para volver a ocupar las tuberías del circuito.

- Las ventajas de esta configuración respecto a los de tipo abierto son:
- Evita pérdidas por evaporación del fluido del circuito.
- Evita riesgos de corrosión de las tuberías por contacto con oxígeno atmosférico.
- No es necesario aislarlos.
- Fácil montaje. No es necesario que esté en la parte más alta de la instalación.
- Menor coste debido a la fabricación en grandes series y material más económico.



### 6.9.2. UBICACIÓN EN EL SISTEMA

El vaso de expansión abierto debe colocarse en la parte más alta del circuito.

El vaso de expansión cerrado, en cambio, se puede situar en la parte de la instalación que sea de más fácil instalación, ya sea por falta de espacio o por accesibilidad. Un aspecto a tener en cuenta para su ubicación:

-Es aconsejable poner el vaso de expansión en la zona de aspiración de la bomba para evitar depresiones en el circuito.

### 6.9.3. ELECCION VASO DE EXPASION

La capacidad mínima del vaso de expansión depende de la capacidad total del circuito:

- Volumen en los colectores:  $1,7 \cdot 31 = 52,7$  litros
- Volumen de fluido en el intercambiador: **10 litros**
- Volumen en tuberías: **121.17 litros**

$$52.7 + 10 + 121,17 = 183.9 \text{ litros}$$

$$V_t = V_{inst} \cdot C_e \cdot C_p$$

$$V_t = 183.9 \cdot 0,043 \cdot 1,455 = 11.5 \text{ litros}$$

El vaso de expansión seleccionado para el **circuito solar primario** es de la marca **Ibaiondo** modelo **20 AMR**. Teniendo en cuenta que tiene que tener un dimensionamiento entre el 6 - 10% del volumen de agua del circuito.

Así pues, el vaso de expansión seleccionado para el **circuito solar secundario** es de la casa Ibaiondo del modelo 200 AMR-890. Este tendrá una capacidad nominal de 200 litros, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6-10% del volumen de agua del circuito.

## 6.10. EL FLUIDO DE TRABAJO

Según especifica el apartado 3.2.2.1 *del DB HE-4 del CTE*, el fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada.

Para el presente proyecto se ha optado por el fluido de trabajo que proporciona el mismo fabricante de los captadores solares, que garantiza una protección de la instalación de hasta -21°C con una concentración del 50%. Además, se ha calculado que se necesitarán cerca de 90 litros de fluido anticongelante y 90 litros de agua para la red del circuito primario.

### 6.10.1. EL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

En el presente proyecto, el almacenamiento se realiza mediante depósitos acumuladores de agua. Este tipo de almacenamiento presenta como ventajas su facilidad de manejo, el bajo coste del fluido caloportador, su alta capacidad calorífica y su condición de ser a la vez el elemento de consumo.

La utilización de un sistema combinado de acumulación e intercambiador o de uno independiente está condicionada por la dimensión de la instalación. Generalmente, si se trata de una instalación de menos de 10 m<sup>2</sup> de superficie de captación se utilizan interacumuladores, mientras que si la instalación es mayor, como en el caso del presente proyecto, se opta por un sistema de intercambio externo.

Los acumuladores requieren una bomba adicional de secundario que mueva el agua entre los depósitos y los intercambiadores. Para lograr funcionamientos homogéneos de la bomba de secundario conviene conectar el intercambiador directamente a los depósitos, de manera que la bomba siempre trabaja en las mismas condiciones, el agua de consumo se mueve sólo a través de los depósitos.

## 6.11. EL DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN

Es importante estudiar la capacidad de acumulación para mantener un equilibrio respecto a la superficie de captación solar. Si el depósito fuera demasiado pequeño se despreciaría parte de la energía obtenida, mientras que si fuera demasiado grande no se conseguiría alcanzar las temperaturas adecuadas de funcionamiento. Por eso existe una proporción adecuada entre la superficie de captación y las dimensiones del tanque de almacenamiento.

El volumen de acumulación depende principalmente la superficie de captación, la demanda y la temperatura de uso. Por tanto, según el procedimiento calculado, se ha optado por un volumen de acumulación de 6.000 litros, distribuidos en dos depósitos de 3000 litros cada uno.

Datos más destacados de dicho depósito:

- Temperatura máxima de 90°C.
- Presión máxima de 6.
- Boca hombre DN 480/400 según RITE.
- Aislamiento externo de espuma de poliuretano PU sin CFC flexible o rígido de espesor 100mm.
- Acabado exterior de vinilo azul: RAL 5015

Así pues, se puede afirmar que el volumen de acumulación seleccionado cumple con la normativa aplicable. En este caso, debido a la alta necesidad de acumulación, es necesario recurrir a dos depósitos de acumulación de 3000 litros cada uno.

Las posibilidades de conexión hidráulica entre ellos son en paralelo o en serie.

La conexión en paralelo es más sencilla y provoca menores pérdidas de carga; como contrapartida se tiene una mayor zona de mezcla, ya que la misma se da en todos los depósitos, con un menor aprovechamiento del volumen acumulado y mayor riesgo de desarrollo de la legionela.

Para este proyecto se ha optado por la conexión en serie, que reduce la zona de mezcla, aprovechando mejor la estratificación. En su contra las conexiones hidráulicas son más complejas y en caso de avería en alguno de los depósitos hay que prever conexiones que permitan dejarlos fuera de servicio sin afectar al resto de los depósitos.

Teniendo en cuenta que la estratificación en los depósitos mejora el aprovechamiento del volumen acumulado y al mismo tiempo reduce el riesgo de desarrollo de la legionelosis, son preferibles los depósitos verticales y lo más esbeltos posibles.

### 6.11.1 ELEMENTO DE SEGURIDAD: AEROTERMO

En el circuito de retorno de la instalación solar, se instalará un aerotermo mural, como elemento de seguridad para la disipación de calor en el circuito solar en caso de que se alcancen temperaturas excesivamente elevadas para el correcto funcionamiento de la instalación.

Según recomendaciones, para garantizar la disipación del calor, se instalara un aerotermo 42 kw de potencia,

Posibilidad plataforma para placas y personal de mantenimiento acude a tapar.

La centralita de regulación solar, medirá la temperatura del fluido en el circuito de retorno del sistema solar, de forma que cuando sobrepase la temperatura previamente regulada, se mandará señal a la válvula de tres vías y al ventilador del aerotermo para que envíe el fluido a dicho aparato y se disipe el calor del fluido a la atmosfera.

Conviene instalar este tipo de elementos, dado que si la instalación sigue funcionando con temperaturas de trabajo demasiado elevadas se producen deterioros en las tuberías, captadores, así como del líquido caloportador, mezcla de agua y glicoles, puesto que comienza a vaporizar perdiendo sus propiedades.

## 6.12. EL SISTEMA DE REGULACIÓN

Para la regulación de la instalación térmica se ha optado por el equipo de control RESOL MIDI-PRO. Este dispositivo compara la temperatura a la salida de los captadores con la existente en la parte baja del acumulador y da la orden de marcha a las bombas si la diferencia entre ambas temperaturas es superior a un cierto valor (normalmente 7-8°C). Análogamente, cuando la diferencia entre ambos valores es inferior a otro prefijado (normalmente 2-3°C), la bomba se para.

La lectura de las temperaturas se realiza a través de dos sondas, que pueden alargarse manteniendo gran precisión en la medida de las temperaturas:

- Hasta 50 metros con cable bipolar apantallado de sección 1 mm<sup>2</sup>.
- De 50 a 100 metros con cable bipolar apantallado de sección 1,5 mm<sup>2</sup>.

El sistema de control dispone además de tres tipos de seguridades:

- Protección anti-hielo, cuando la temperatura a la salida de los captadores alcanza 3°C (valor ajustable en pantalla) la bomba circuladora se pone en funcionamiento durante 5 minutos para evitar la congelación del agua que

circula por el circuito primario. No obstante, cuando se usa anticongelante como en el presente proyecto, esta función puede desactivarse.

- Protección de temperatura máxima en el acumulador. Cuando se alcanza 60°C en el depósito acumulador la bomba se detiene aunque haya temperatura suficiente en los captadores.
- En el caso de que el acumulador tenga la temperatura máxima de 60° el personal de mantenimiento procederá al tapado de los colectores solares. Pudiendo colocar una alarma en caso de necesitarlo para conocer la situación del depósito acumulador.
- Protección del captador y refrigeración del acumulador. Cuando la sonda de los captadores alcanza 120°C (valor ajustable) se activa la bomba circuladora hasta que la temperatura de los captadores se reduce en 10°C. Cuando ya no hay radiación, el exceso de energía en el acumulador se cede a los captadores.

### **6.13. SISTEMAS DE LLENADO Y DE VACIADO**

Cualquier circuito cerrado de la instalación ha de incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.

En general, se recomienda la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga, donde esté almacenado el fluido con la proporción requerida de anticongelante en agua, de forma que no disminuya la proporción de anticongelante cuando se repongan las fugas

. Se recomienda realizar el llenado del circuito por la parte inferior del mismo para facilitar la salida al exterior del posible aire acumulado.

Para posibilitar el vaciado del circuito de una instalación solar, se recomienda instalar en los puntos más bajos tuberías de drenaje a través de las cuales se pueda realizar el vaciado mediante una válvula de corte.

En nuestro caso se hará de forma manual teniendo en cuenta la mezcla de anticongelante que tiene que llevar el circuito solar primario.

## **7. SISTEMA DE APOYO CONVENCIONAL**

El sistema solar que se ha propuesto no cubre toda la demanda de energía térmica para ACS de la instalación del polideportivo. Esto obliga a no poder prescindir del sistema de calderas convencional.



Se debe tener en cuenta que la producción anual del sistema solar estará en torno al 75%. Esto no significa que el sistema auxiliar deba dimensionarse para aportar el 25% restante; sino que habrá que prever que el comportamiento medio mensual que se ha empleado para el cálculo no será la constante durante todo el mes. Por tanto, tal y como cita la normativa, el sistema de apoyo convencional debe ser capaz de abastecer toda la demanda energética de la instalación.

Este sistema se encarga de calentar el agua del depósito auxiliar mediante un intercambiador de calor. De esta manera se logra alcanzar la temperatura fijada de 60°C, mediante un sistema de regulación que pone o no en funcionamiento la caldera en función de si se ha alcanzado a dicha temperatura.

## 7.1. LA CALDERA AUXILIAR

Puesto que la instalación dispone de caldera de gas natural, se cree conveniente utilizar este sistema de producción instantánea de gas para que pueda funcionar completamente independiente en los periodos en los que no sea posible obtener energía del sistema solar.

El gas natural es un combustible económico, cosa que repercutirá en los valores de rentabilidad y tasa de retorno de la instalación. Por otra parte, los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero de este combustible son bajos, dados su alto poder calorífico y el elevado rendimiento de la combustión en las calderas, en torno al 95%.

La potencia máxima de trabajo calculada para la caldera es de **406,85 KW**.

La caldera seleccionada será **PREXTHERM RSH GN-GP 2S-M (600)** de la marca **FERROLI**, cuya potencia será de **600 KW**.

## 7.2. EL INTERCAMBIADOR DEL SISTEMA DE APOYO

De igual modo que para el circuito del sistema de aporte solar, se ha optado por transferir la energía de la caldera al depósito auxiliar mediante un intercambiador externo, ubicado fuera de los depósitos de acumulación.

En este caso, el intercambiador deberá dimensionarse para ser capaz de transferir la máxima energía proporcionada por la caldera, que es de 400 kW. En este caso, se ha optado por un intercambiador M6 de Alfa Laval, que puede trabajar a una temperatura máxima de 130°C y tiene una superficie máxima de



intercambio de 38 m<sup>2</sup>. Las características técnicas del intercambiador pueden consultarse la ficha técnica.

### 7.3. BOMBA DEL SISTEMA DE APOYO

El sistema de apoyo necesita de una bomba de circulación para hacer circular el fluido hacia el intercambiador de calor, donde se producirá el intercambio de energía. Para calcular la potencia necesaria de la bomba se han seguido los mismos pasos que los calculados para la bomba del circuito primario y la bomba del circuito de acumulación.

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es:

$$0,25 + 2 + 0,06 + 0,0431 = \mathbf{2.31m.c.a.}$$

La bomba escogida es la **Grundfos UPS Serie 200**. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente.

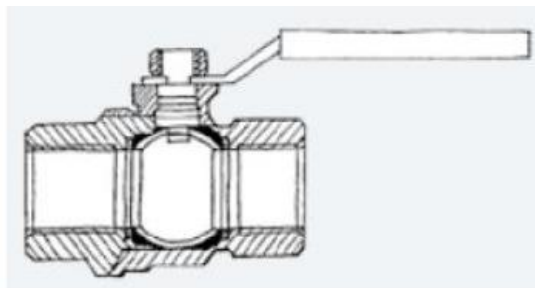
## 8. ACCESORIOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN

Generalmente en una instalación solar térmica los únicos elementos que la diferencian del resto de instalaciones generadoras de calor son el captador solar térmico y el termostato diferencial, el resto de elementos son componentes estándar del mercado.

Las válvulas convencionales más utilizadas en este tipo de instalación son las válvulas de cierre, válvulas antiretorno, purgadores, separadores de aire, válvulas de seguridad, etc. En este apartado se hace una breve descripción de cada uno de estos elementos y su aplicación en los circuitos de aprovechamiento solar.

### 8.1. VÁLVULAS DE CIERRE

El tipo más representativo de estas válvulas es la denominada “de esfera”, que se llama así por la forma esférica del elemento que obstaculiza el paso del agua, tal y como se ilustra en la siguiente figura.

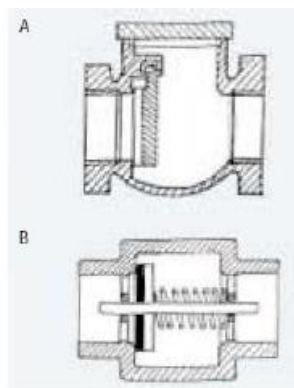
**Valvula de cierre tipo esfera**

Estas válvulas se fabrican para una amplia variedad de medidas y principalmente su unión a la tubería se realiza mediante rosca. Habitualmente se utilizan válvulas de esfera para aislar cada batería de captadores solares, colocando una válvula en la alimentación y otra en la tubería de retorno de los captadores. La bomba de circulación lleva dos válvulas de cierre, una en cada boca de la bomba. El depósito acumulador llevará válvulas de cierre en cada una de las bocas de conexión de tuberías tanto del circuito primario como del secundario, i en general, en cualquier elemento de los dos circuitos susceptible de cambio por averías.

## 8.2. VÁLVULAS ANTIRRETORNO O DE RETENCIÓN

La válvula antirretorno se utiliza para evitar recirculaciones inversas y provocar el enfriamiento del depósito por la noche. De hecho, esta válvula deja circular el fluido en un único sentido; si por cualquier circunstancia el fluido intenta circular en sentido contrario, la válvula se cierra impidiendo la circulación.

El tipo más común de válvula antirretorno es la de clapeta o tipo York. Las dimensiones de la rosca de conexión oscilan entre 3/8" hasta 4". La válvula de clapeta tiene una posición concreta de colocación para que la clapeta actúe de forma concreta, en cambio, la válvula de tipo York puede colocarse en cualquier posición siempre y cuando se respete el sentido de circulación del fluido.

**Válvula de clapeta (A) y válvula tipo York (B)**

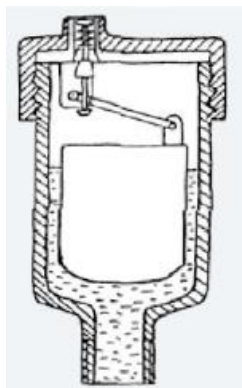
### 8.3. PURGADORES

Este elemento se utiliza para evacuar aire existente en la red de tuberías de los circuitos cerrados tanto de calefacción como de refrigeración. Este efecto es de gran importancia, ya que si no se elimina el aire puede provocar un tapón en la tubería y obstaculizar la circulación libre del fluido.

El purgador más utilizado en las instalaciones térmicas es del tipo “automático de flotador”, el cuerpo está fabricado de latón estampado y el flotador de plástico resistente a la temperatura. Dispone de una conexión roscada para adaptarlo a la tubería o elemento específico y una pequeña boca de descarga de aire equipada con un tapón roscado.

Es importante conocer los parámetros máximos de funcionamiento del purgador como la temperatura y la presión máxima de trabajo con tal de no sobrepasarlas y deteriorarlos, ya que la temperatura que pueden alcanzar los captadores es de

110 a 140°C y de forma puntual todavía superiores, y esto comporta que el purgador se pueda ver sometido a estas condiciones.



***Purgador automático***

### 8.4. VÁLVULAS DE SEGURIDAD

La válvula de seguridad es un elemento importante de la instalación solar térmica, y en general, en cualquier instalación de generación de calor y frío. La válvula de seguridad es un dispositivo de apertura de un circuito que actúa por el efecto de la presión o de la acción combinada de presión y temperatura. Cuando se alcanza una determinada presión, la válvula abre el circuito y descarga vapor sobre la atmósfera.

La elección de esta presión prefijada se realiza de manera que la máxima presión de ejercicio del circuito quede siempre por debajo de la presión

máxima de trabajo, a la temperatura de funcionamiento de los aparatos y equipos presentes en el circuito.

En consecuencia, será aconsejable que la válvula disponga de un manómetro incorporado para poder controlar la presión de trabajo del circuito primario a la vez que observar las fluctuaciones y la posibilidad de que este quede vacío. Un concepto importante al ubicar la válvula, es que no debe haber ningún dispositivo de cierre entre ésta y el elemento a proteger.

Las instalaciones solares deben disponer de una válvula de seguridad fijada a la presión de 3 Bar en el circuito primario y otra válvula a 6 Bar en el circuito secundario. Las válvulas de seguridad tienen que llevar, entre la boca de descarga y el tubo de conexión al desagüe, un elemento que permita verificar visualmente su correcto funcionamiento durante el proceso de puesta en marcha y posterior mantenimiento de la instalación.

## **8.5. VÁLVULAS REGULADORAS DE CAUDAL**

No realizar esta operación de calibrado de caudales en los captadores solares implica una descompensación de los mismos y la consecuencia sería que unos captadores recibirían más fluido que otros, trabajando éstos últimos a rendimientos inferiores. La falta de caudal hace subir la temperatura de los captadores y en consecuencia disminuye su rendimiento

La válvula reguladora de caudal está diseñada para producir pérdidas de carga en el fluido, hecho que permite adaptar el caudal de la línea al deseado. A su vez, dispone de mecanismos que permiten verificar el caudal circulante, la pérdida de carga provocada, la velocidad del fluido, etc.

Actualmente existen dos tipos de válvulas para esta función:

- Válvulas de equilibrado: Permiten obtener amplia información del punto de funcionamiento gracias a su diseño específico, pero necesitan de un aparato externo para poder visualizar estos datos y realizar correcciones de ajuste, hecho que encarece su utilización.
- Reguladores de caudal: Operan bajo el mismo concepto, provocar una pérdida de carga y la correspondiente variación del caudal. El aparato permite visualizar el caudal circulante mediante lectura directa de un pequeño disco que se desplaza por una escala graduada en litros/minutos, a partir de la acción que el técnico efectúa a una pequeña válvula de esfera incorporada en el mismo regulador. No requiere ningún aparato externo para controlar los parámetros de circulación del fluido y ajuste de la válvula, su bajo coste y la facilidad de operación las hace más atractivas.

## **8.6. VÁLVULA MOTORIZADA DE TRES VÍAS**

Esta válvula tiene la misión de desviar el fluido principal a dos zonas diferentes del circuito hidráulico, está formada por un cuerpo hidráulico de tres vías y un motor eléctrico.

El cuerpo hidráulico, que generalmente está fabricado de latón, tiene incorporado internamente una excentricidad que actúa como elemento de corte de una de las vías quedando las otras dos abiertas para la circulación del fluido.

El motor eléctrico, alimentado a un voltaje de 220 V, recibe el orden de actuación que proviene de la señal de una sonda térmica situada en la zona que se quiere controlar y actúa sobre el mecanismo hidráulico.

## **8.7. VÁLVULA MEZCLADORA DE 3 VÍAS**

Este tipo de válvula se utiliza para obtener un caudal de fluido a una temperatura concreta y constante mediante la mezcla de dos fluidos a diferentes temperaturas. Se puede utilizar tanto en circuitos cerrados como en circuitos abiertos de consumo.

El cuerpo de la válvula generalmente se fabrica de latón y las conexiones roscadas suelen llegar a 2". El mecanismo de regulación de la válvula puede ser un motor eléctrico acoplado en la misma, un servomotor o un elemento termostático incorporado.

## **8.8. MANÓMETROS.**

Son los aparatos que nos indican la presión del circuito en un punto en concreto con el fin de comprobar que todo funciona bien.

Los manómetros se colocarán antes y después de cada bomba para realizar la lectura de la diferencia de presiones, para saber si esta funciona correctamente.

## **8.9. TERMÓMETROS.**

Nos indican la temperatura del fluido en cada instante y es conveniente hacer uso de ellos para comprobar que la instalación funciona correctamente.

Por norma general, se colocan en la parte baja y alta de los acumuladores y en lugares de alta temperatura.

### 8.10. DILATACIÓN.

Existe un peligro que puede acarrear graves consecuencias y es la dilatación producida por el calor.

Sobre todo hay que prestar atención a los tramos rectos de las tuberías donde en ocasiones, las dilataciones han derivado en deformación o en casos extremos incluso en rotura. Lo peor no es la reparación, sino los gastos que puede acarrear ese fallo en cuestiones de inundación por ejemplo.

La siguiente expresión nos indica el aumento de longitud del material con la temperatura:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Donde:

$\Delta L$ : Aumento de longitud producido en mm.

$L$ : Longitud inicial en m.

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación. Para el cobre a 90°C, 0,0184mm/m.°C.

$\Delta t$ : Diferencia de temperatura entre la del fluido y la del ambiente.

Según norma UNE 53-394-92 los tramos largos y rectos deben protegerse de este efecto por medio de compensadores de dilatación o sistemas parecidos de mismos resultados. Los cambios de dirección también resultan buenos remedios contra las dilataciones.

Se han colocado dilatadores cada 10/12m de tubo de cobre recto para paliar el efecto no deseado de la dilatación.

### 8.11. CONTADOR.

Con el objetivo de medir la cantidad de agua que se consume en el edificio, se dispondrá de un contador de agua. Este, deberá estar homologado por el Ministerio de

Industria y Energía y su instalación lo realizará la empresa suministradora.

Contador de agua modelo BM-3 de la marca B-Meters.

## 8.12. SALA DE CALDERAS.

La sala de calderas es el recinto donde se ubican los generadores de calor.

Está situada en la planta baja del edificio tal y como aparece en los planos, aislado de los demás locales para impedir el acceso a toda persona ajena a la sala.

En el exterior de la puerta se colocarán sendos carteles visibles en los que ponga:

‘CALDERA A GAS, PROHIBIDA LA ENTRADA A TODA PERSONA AJENA AL SERVICIO’.

La sala de calderas se destinará exclusivamente al manejo, control y mantenimiento de los aparatos e instalaciones. Se prohíbe su uso para almacenamiento u otras actividades que no sean las nombradas anteriormente.

La disposición de los aparatos en la sala de calderas tiene que ser lo más ordenado posible y permitir el libre movimiento del personal de mantenimiento. Ha de permitirse también, que el acceso a su interior sea sencillo y fácil para cualquier elemento de la instalación en caso de avería. Las calderas en concreto, requieren un espacio libre mínimo a su alrededor. Se han ubicado los elementos de la sala de instalaciones conforme a la normativa vigente de calderas de gas UNE-60601.

## 9. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL.

- Tipo de combustible:

El combustible empleado es el gas natural suministrado por la empresa Gas Navarra. Sus propiedades se muestran a continuación:

- Tipo de gas: Gas natural (2ª familia)
- Poder calorífico inferior (PCI): 8850kcal/m<sup>3</sup>
- Poder calorífico superior (PCS): 9500kcal/m<sup>3</sup>
- Densidad relativa del gas natural: 0,6
- Índice de Wobbe: 12065 kcal/m<sup>3</sup>
- Grado de humedad: Seco
- Utilización del gas.

El gas natural servirá de combustible a la caldera que proporcionará A.C.S. y calefacción al polideportivo de la Ikastola San Fermín.

- Tipo de instalación.

La instalación es fija y de uso no industrial.

Puede clasificarse como Media Presión A. Dentro del edificio, se utiliza Baja

Presión, 22 mbar.

- Indicaciones de seguridad.

Con el fin de obtener una buena respuesta de reacción en caso de algún contratiempo, en el interior y exterior de la sala de calderas figurará un cartel con las siguientes indicaciones:

- Instrucciones claras y precisas de paro de la instalación en caso de emergencia.

Accionar el interruptor general de corte de alimentación eléctrica del cuadro.

- Nombre, dirección y teléfono del responsable del mantenimiento
- Dirección y teléfono del servicio de Bomberos más próximo.

Como complemento de las medidas de seguridad, se dispone de una electroválvula de rearme manual normalmente cerrada que en caso de fuga es cerrada por la central de incendios.

- Armario de regulación

Se instalará en el exterior del edificio, pegado al muro y será de fácil acceso para el operario. Estará compuesto por dos válvulas de cierre según UNE-19.681, un filtro y un regulador de presión. El armario de regulación es de MPA para BP para gas natural.

El contador de gas se elige en función del caudal, en nuestro caso 43,16 m<sup>3</sup>/h y pertenece al modelo G40 para un caudal máximo de 60 m<sup>3</sup>/h.

El contador seleccionado cumplirá con la normativa UNE 1359.

## 10. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

### 10.1 INTRODUCCION

Los sistemas de calefacción sirven para conseguir unas condiciones ambientales de confort en el interior de los edificios, sean cuales sean las condiciones de temperatura que se den en el exterior de éstos.

Características que definen el ambiente:

- Temperatura.
- Humedad relativa.



- Movimiento y pureza del aire.
- Temperatura superficial de los cerramientos que limitan el edificio.
- Objetos que contiene.

En los sistemas de calefacción el control de la pureza del aire se reduce, ya que ésta depende del aire que penetra por las infiltraciones ventilaciones ocasionales al abrir las puertas y ventanas. Así que ésta no es una de las características más importantes a estudiar. Para mantener las condiciones citadas constantes, se debe igualar en cada momento el flujo de calor aportado por los emisores de calefacción con las pérdidas de calor que sufre el edificio.

## 10.2. SISTEMAS DE CALEFACCION.CLASIFICACIONES.

Existen varias clasificaciones, atendiendo a diferentes criterios.

### 10.2.1. SEGÚN EL GRADO DE CONCENTRACION.

- **Unitarias:** aquellas instalaciones que sirven para calefactar un único local.
- **Individuales:** aquellas destinadas a calefactar varios locales, pero propiedad de un mismo usuario.
- **Colectivas o centralizadas:** aquellas que suministran calefacción a un número más o menos grande de locales distintos y de diferentes usuarios.

### 10.2.2. SEGÚN LA PRODUCCION DE CALOR.

#### – **Bomba de calor:**

Este sistema capta la energía de bajo nivel térmico elevando posteriormente su temperatura mediante la utilización de ciclos termodinámicos hasta niveles que permitan su utilización en instalaciones térmicas. La energía de bajo nivel térmico es absorbida de fuentes exteriores, normalmente aire exterior o un circuito de agua, con fluidos caloportadores.

#### – **Calefacción eléctrica:**

Aquí se encuentran aquellos sistemas que utilizan electricidad para aplicar el efecto Joule. Dentro de este grupo se puede realizar una subdivisión: sistemas de calefacción directa, donde el aporte calorífico es instantáneo para

su consumo, y sistemas de calefacción por acumulación, donde se produce y almacena calor para más tarde utilizarlo.

Generalmente la calefacción eléctrica se utiliza en instalaciones unitarias e individuales pero casi nunca en instalaciones colectivas.

Esta energía tiene unas grandes ventajas respecto a otras:

- Ocupa poco espacio, ya que no requiere del uso de combustible, sala de calderas ni chimenea.
- La localización del aparato se puede cambiar permitiendo la redistribución de los locales.
- Es un sistema limpio y silencioso.

El gran inconveniente que presenta este tipo de instalación es su elevado coste.

Sin embargo existen tarifas nocturnas reducidas que los hacen viables agregándoles sistemas de acumulación. Este es el motivo por el que este tipo de sistemas se utilizan más en calefacciones individuales o unitarias de poca utilización.

#### – ***Calefacción por energía solar:***

Se utiliza como fuente de energía la radiación solar. Esta se absorbe en unos colectores solares que ceden el calor a un fluido caloportador que generalmente es agua con glicol. Normalmente este fluido se almacena en un depósito para más tarde llevarlo al local que se desea calefactor, aunque también existe la posibilidad de un sistema directo donde no se acumule el calor.

Como en la temporada de invierno no suele existir una buena radiación, el calor aportado por el sol no es suficiente, por lo que este sistema se debe acompañar con alguna otra instalación que la complemente, generalmente un sistema de calefacción convencional o una bomba de calor.

#### – ***Calefacción convencional:***

Se llama así a los sistemas de calefacción que emplean como fuente de energía el calor producido en la combustión de un combustible orgánico. Este tipo de sistema es el más utilizado, ya que se usa en instalaciones unitarias, individuales y colectivas. Un combustible se introduce con el comburente preciso para su oxidación en una caldera; esta oxidación desprende calor que es absorbido por el fluido caloportador, normalmente agua, y este es llevado a

un depósito de acumulación para ser posteriormente utilizado o se lleva directamente al local que se desea calefactor.

Dentro de este tipo de sistemas podemos distinguir los siguientes:

- Calefacción de gas: gas natural, gas ciudad, gases licuados del petróleo...
- Calefacción de combustibles sólidos: carbón, leña...
- Calefacción de combustibles líquidos: petróleo y fuel-óleo.

### 10.2.3. SEGÚN EL FLUIDO CALOPORTADOR

#### - **CALEFACCIÓN POR AGUA CALIENTE:**

Presenta las siguientes *ventajas*:

- Tienen una baja inercia térmica, con lo que sus periodos de puesta a régimen resultan cortos.
- Bajo costo de la instalación.
- Ausencia de aparatos calefactores terminales.
- Son de fácil regulación.

También presenta *inconvenientes*:

- Los conductos ocupan un gran volumen.
- El cálculo de la instalación resulta más complicado, por lo que se puede dar falta de uniformidad en la temperatura ambiente.
- Excesivo movimiento de aire que puede resultar molesto.

Dependiendo de la procedencia del aire que entra en el generador, se puede realizar una clasificación de instalaciones dentro de este tipo de calefacciones:

- Todo aire exterior: consiste en tomar todo el aire exterior para calentarlo en el generador y repartirlo mediante la red de conductos en los distintos locales a calefactar, sacándolos de allí al exterior.

Este tipo de sistemas genera grandes pérdidas térmicas, un rendimiento bajo de la instalación y elevados costos, limitando así su uso a instalaciones que precisen una ventilación muy fuerte, debido a la actividad del local.

- Todo aire recirculado: desde el punto de vista energético es el de mayor rendimiento, pero al no poseer ventilación alguna y si el grado de ocupación es importante, los locales pueden llegar a hacerse inhabitables debido a humos, olores...

- Mezcla de aire exterior-aire de retorno: resulta el sistema más adecuado, consiguiendo un rendimiento térmico bueno y un nivel de salubridad conveniente, ya que se regulan las proporciones de de uno y otro que deben llegar al generador.

- En el sistema de calefacción por agua caliente se distinguen dos tipos diferentes:

- **Instalación abierta:**

Aquella en la que el agua del circuito está en contacto con la atmósfera a través de un depósito de expansión, consiguiendo temperaturas máximas entre 90 y 95°C en el agua empleada como fluido caloportador. Este tipo de sistema se emplea en aquellas instalaciones en las cuales se quiere obtener bajas o medias temperaturas.

- **Instalación cerrada:**

Son aquellas en las que no existe contacto entre el aire y el agua, al estar dotadas de vasos de expansión de tipo cerrado o hermético, permitiendo temperaturas de utilización de más de 100°C.

El movimiento del agua puede realizarse de dos maneras:

- Por gravedad: esta forma produce grandes pérdidas de carga, los diámetros de las tuberías son demasiado grandes y suele resultar totalmente antieconómico.

- Por convección forzada: este sistema utiliza una bomba que permite aumentar la presión disponible produciendo una disminución de las secciones de las tuberías, por lo que de esta manera se compensa el aumento de costo en bombas de circulación, siendo más homogénea la circulación por toda la red de distribución.

Conviene situar válvulas de cierre que permiten aislar zonas de la instalación a fin de efectuar reparaciones. Actualmente las Instrucciones Térmicas Complementarias del “Reglamento de Instalaciones de Calefacción y ACS” obligan a colocar cada aparato o equipo entre válvulas, a fin de sustituirlo o repararlo sin necesidad de vaciar la instalación.

## – **CALEFACCIÓN POR AGUA SOBRECALENTADA**

Se trata de una instalación cerrada en la que, mediante la utilización de varios vasos de expansión cerrados que impiden que el agua de la instalación entre en contacto con la atmósfera, así como con el empleo de grupos de presión necesarios para mantener la presión interior de la instalación superior a la atmosférica, es posible conseguir el agua del circuito a temperaturas del orden de 150°C. Se denomina agua recalentada o sobrecalentada.

La utilización de instalaciones de agua a tan altas temperaturas presenta ventajas e inconvenientes frente a las instalaciones de baja o media temperatura, destacando entre ellas las siguientes:

- El agua del circuito puede experimentar grandes saltos térmicos, mucho mayores que los que sufren las instalaciones de baja o media temperatura, sin que la caldera sufra deterioros por ello (permitiendo circular, para las mismas necesidades caloríficas, un menor caudal.
- Disminución de las secciones de los conductos como consecuencia del punto anterior.
- Las tuberías y la caldera deben soportar mayores presiones.
- Al tener temperaturas tan altas, se sufre el riesgo de quemaduras al tocar las tuberías.

La posibilidad de poder experimentar grandes saltos térmicos hace que las instalaciones por agua sobrecalentada sean muy utilizadas en instalaciones de tipo monotubo, en las cuales los aparatos calefactores van conectados en serie, exigiendo sin embargo una ejecución muy cuidada, eliminando piezas roscadas, por posibles fugas, lo que es muy importante, ya que si se reduce la presión interior del circuito provocaría una vaporización brusca del agua sobrecalentada.

#### – **CALEFACCIÓN DE VAPOR**

A pesar de que su utilización es escasa, se puede emplear en instalaciones colectivas o centralizadas de pequeño o mediano tamaño. Es un sistema cuyo fluido caloportador es el vapor de agua, normalmente a baja presión, siendo su funcionamiento similar a las instalaciones antes descritas. La única diferencia reside en los aparatos emisores; el vapor de agua cede su calor latente de cambio de estado y condensa, retornando en estado líquido a la caldera.

El vapor producido en la caldera es enviado al distribuidor principal que se encargará de repartirlo entre las distintas columnas. El distribuidor deba tener una cierta pendiente negativa, de entre el 8 y el 10%, de manera que se produzca el arrastre de la posible condensación producida en el mismo, hasta los sifones de los cuales debe estar dotado, que recogen el agua condensada y la envían hacia el circuito de retorno.

También los ramales de entrada de los elementos emisores deben estar dotados de una pequeña pendiente que permita la circulación del vapor condensado a través de los retornos. Teniendo en cuenta que el vapor de agua es más ligero que el aire, empuja las posibles bolsas de este que pudieran existir en la instalación, debiendo dotarse a esta de un desaireador montado en el circuito de retorno, así como las válvulas especiales que impidan la salida del

vapor de los elementos emisores. Si se produjeran estas salidas los emisores reducirían notablemente su rendimiento térmico, pero las válvulas deben permitir la evacuación del aire y el agua condensada hacia el circuito de retorno.

#### **10.2.4. SEGÚN EL TRAZADO Y DISEÑO DE LA INSTALACION DE EMISORES**

##### **– SISTEMA MONOTUBULAR**

En este sistema los emisores se montan en serie en el circuito mediante llaves especiales de tres vías que permiten dosificar el caudal en cada radiador. En este tipo de sistemas sólo existe una tubería, por lo que el fluido que sale de un emisor llega al siguiente; a cada emisor le llega el agua a distinta temperatura, lo que incidirá en el tamaño del emisor.

Al existir esta bajada de temperatura, va a existir un número máximo de emisores por circuito (según RITE el número máximo de emisores por circuito en un sistema monotubo es de cinco). Si se supone este número y se calcula que en el último local la temperatura sea la deseada, van a existir muchas pérdidas, por lo que el rendimiento de la instalación bajará mucho.

*Ventajas* de este sistema respecto al sistema bitubular:

- Sencillez y economía tanto en materiales como en mano de obra.
- Posibilidad de situar aparatos calefactores alejados de las columnas.

*Desventajas:*

- Necesidad de variar las superficies de los cuerpos emisores, ya que aunque las necesidades térmicas puedan ser las mismas en varios de ellos, al ser alimentados a distintas temperaturas, el primero emitirá más calor que el segundo y así sucesivamente.

- Necesidad de un cálculo muy riguroso de las pérdidas de carga de la instalación con el fin de conseguir que el agua circule con la cantidad precisa por cada uno de los distintos circuitos y pueda aportarse en cada uno la energía térmica necesaria.

Los sistemas monotubo se emplean normalmente en instalaciones de alta temperatura, ya que como se acaba de explicar el agua se va enfriando al pasar por los sucesivos emisores, y de no ir esta a una alta temperatura se producirá un enfriamiento inaceptable para las instalaciones de baja o media temperatura, que podría llegar a provocar averías graves en el generador de calor.

### – **SISTEMA BITUBULAR**

Es el más común. Los emisores se colocan en paralelo entre la tubería de impulsión y la de retorno. El agua que circula por la tubería de impulsión está a una temperatura constante por lo que los emisores toman el agua a la misma temperatura.

Tras atravesar los emisores el agua vuelve a la caldera por la tubería de retorno.

*Ventajas* de este sistema:

- Tiene una mayor facilidad de cálculo y equilibrio hidráulico de la instalación. También se obtienen buenos rendimientos.

*Inconvenientes:*

- Mayor desarrollo de tuberías y cambios frecuentes de secciones de las mismas; en consecuencia, un aumento de coste de la instalación.

Se puede realizar una subdivisión dentro de los sistemas bitubo:

### – **DE RETORNO DIRECTO**

Aquellos en los que el retorno parte del radiador más alejado del circuito.

*Ventajas:* sistemas con menor coste.

*Desventajas:* tener que equilibrarlos mediante disminución o aumento de diámetros o con la utilización de válvulas equilibradoras. Por ésta razón la instalación puede resultar más costosa de lo esperado.

### – **RETORNO INVERTIDO**

Con el fin de evitar las desigualdades producidas en el caso anterior, se utiliza el retorno invertido, consiguiendo que el recorrido del agua para cada uno de los emisores sea aproximadamente el mismo, compensándose los recorridos del circuito de ida con los del circuito de retorno, de tal manera que las pérdidas de carga se igualan, con lo que los cuerpos emisores reciben caudales de agua semejantes. Así se igualan las aportaciones caloríficas, siempre que se mantenga la constancia del diámetro de la tubería y pudiéndose regular los caudales a suministrar a cada radiador y por tanto las aportaciones caloríficas mediante la utilización de los diámetros diferentes para cada tramo de tuberías.

### 10.2.5. RADIADORES, AEROTERMOS Y SUELO O TECHO

#### – RADIANTE

En este apartado se clasifican los sistemas de calefacción según el tipo de emisor que utilizan para transmitir el calor a la sala deseada.

#### – RADIADORES

Son aquellos emisores que simplemente por su interior pasa agua caliente transmitiéndose calor al exterior por el contacto de estos con el aire. Son los más comúnmente utilizados y podemos distinguir dos tipos:

##### - Radiadores por elementos

Se componen de elementos iguales ensamblados entre sí mecánicamente o por soldadura. Cada elemento está formado por una pieza de fundición y uniendo varias de estas da lugar a un colector inferior y otro superior unidos por columnas. El número de elementos por radiador es variable y se determina por las necesidades caloríficas del lugar donde está instalado. Este tipo de radiador se define por la altura y el número de elementos.

##### - Radiadores de panel

Aquellos que están formados por dos chapas embutidas y soldadas entre sí de forma que al unirse forman columnas, el colector inferior y superior. De esta forma se consiguen elementos planos de poco espesor que ocupan poco espacio y que mejoran la transmisión. También existe una derivación de este tipo de radiadores, llamados paneles convectores, en los que se colocan unas chapas a modo de aletas para mejorar la transmisión.

#### – AEROTERMOS

Son elementos emisores por convección forzada, es decir, un ventilador impulsa el aire a través de un serpentín por el que circula agua caliente. Existen dos tipos: el doméstico, conocido como fan-coil y el industrial, conocido como aerotermo. El fancoil se utiliza también para la climatización cambiando simplemente el agua caliente por agua fría.

#### – SUELO/TECHO RADIANTE

Este tipo de emisor también se podría clasificar según el trazado y diseño de la red.

Se pueden diferenciar, según su lugar de colocación, dos sistemas diferentes: suelo y techo radiante.

##### - Suelo radiante



Este sistema consiste en colocar una red de tubería bajo el pavimento del suelo con agua a baja temperatura (40-50°C), de modo que el calor se transmite desde el suelo. Se evita que la temperatura del suelo sea alta (<29°C) para que no resulte incómodo el contacto con él. Así tenemos que el emisor es el suelo del local.

Se divide el local por zonas, ya pueden ser habitaciones o zonas de mayor consumo o como se considere necesario. Cada zona se calentará con un circuito independiente que se amoldará a los requisitos que sean oportunos. Para el reparto de agua por las zonas se coloca un colector que dispensa el agua necesaria para cada circuito. Esta regulación se hace mediante llaves detentoras y caudalímetros para conseguir las temperaturas deseadas en cada zona y no un reparto de agua desigual. El equilibrado hidráulico del sistema se realiza con esas mismas válvulas detentoras.

#### - Techo radiante

Este sistema es similar al anterior con una pequeña variación en la temperatura, ya que ésta puede ser mayor a los 29°C antes citados, porque el techo no va a tener un contacto directo con las personas, como pasaba en el sistema de suelo radiante. La gran diferencia de uno a otro sistema es que el confort que aportan es muy diferente. La distribución de temperatura en un local en el suelo radiante se asemeja bastante a la distribución ideal, en cambio la distribución del techo radiante se desvía.

### 10.3. DISTRIBUCIÓN ADOPTADA

El sistema de calefacción del polideportivo, según el grado de concentración, será una instalación individual ya que estará destinada a calefactar diferentes locales pero de la misma propiedad.

En cuanto a la producción de calor será una instalación de calefacción convencional que emplea como fuente de energía el calor producido en la combustión de un combustible orgánico, en nuestro caso el gas natural. Se introduce el combustible con el comburente en la caldera y la oxidación desprenderá calor que será absorbido por el fluido caloportador, que será agua en nuestro caso. Este es llevado a cada recinto a calefactar, por tuberías de cobre mediante una bomba de circulación.

Atendiendo al fluido caloportador, será una instalación de agua caliente, con una temperatura máxima de 60°C, en la que la procedencia del aire que entra será diferente según sea para los emisores de la cancha, del exterior, o para los fancoils de los vestuarios, siendo en este caso la entrada de aire desde la pista, logrando así que la entrada de aire hacia los vestuarios sea siempre atemperada. Será una instalación cerrada en la cual la circulación por

las tuberías ira forzada mediante bombas de circulación. En nuestro caso se tratara de un sistema de bombas montadas en paralelo según normativa.

Según el trazado y diseño de la instalación, será una instalación con un sistema de montaje bitubular y de retorno directo. Este el más común. Los emisores se colocan en paralelo entre la tubería de impulsión y la de retorno. Todos ellos dispondrán de llaves de corte y válvulas de manera que puedan ser regulados y aislados de la instalación. El agua que circula por la tubería de impulsión está a una temperatura constante por lo que los emisores toman el agua a la misma temperatura. Tras atravesar los emisores el agua vuelve a la caldera por la tubería de retorno.

El circuito de calefacción, estará distribuido en tres sub-circuitos para así lograr un mejor equilibrado de la instalación. Estos estarán realizados con tuberías de cobre y el trazado de este se hará por falso techo. Todas las tuberías que se instalen por locales no calefactados dispondrán de aislante térmico.

Los emisores seleccionados serán aerotermos en el caso de la cancha y fancoils para los demás recintos calefactados.

Ventajas a comentar a nuestra opción adoptada:

- La temperatura en el conducto de ida es aproximadamente constante.
- Mayor facilidad de cálculo.
- Misma temperatura en todos los emisores.
- Necesidad de un menor caudal calefactor.
- Mayor vida útil de los elementos.
- Tamaño de los emisores más uniforme a igualdad de potencia requerida.
- Menor limitación de la potencia transmitida por la instalación.

#### **10.4. EMISORES DE CALOR**

En general han de cumplirlas siguientes condiciones:

- Emisión suave y uniforme.
- No producir testación de polvo.
- Posibilidad de regular su potencia.
- Situación correcta.
- Tener pequeñas superficies en que pueda acumularse polvo.
- Ser de fácil mantenimiento, económicos y de larga duración.

### 10.4.1. TIPOS DE EMISORES SELECCIONADOS

Los emisores de calor son aquellos aparatos o equipos destinados a ceder al ambiente de los locales la energía producida en el generador de calor (caldera) y que ha sido distribuida por la red de tuberías. La transmisión de calor al ambiente se realiza por convección y por radiación.

Los emisores utilizados en la elaboración del presente proyecto han sido de dos tipos:

- Aerotermos.
- Fancoils.

### 10.4.2. AEROTERMOS

Los ventilo-convectores o aerotermos son emisores formados por una batería de tubos de cobre, aleteados en aluminio y encerrados en una caja generalmente metálica, pudiendo estar dotada de un filtro de aire en la entrada de aire frío. Por el interior circula el fluido caloportador mientras que en el lado exterior circula el aire impulsado por un ventilador, produciendo una corriente de aire que homogeniza rápidamente la temperatura de los locales.

Este tipo de emisor es óptimo para calefactar grandes superficies ya que su radio de acción es muy grande al igual que su potencia calorífica. Este sistema es el elegido para calefactar la pista polideportiva.

Elegiremos para nuestra instalación 4 Aerotermos de gran potencia, **Serie ATLAS modelo 68A735X**, para la pista polideportiva. Siendo su potencia de 53.5/43.8KW. Con una entrada de aire a 12 °C, un caudal de agua caliente de 2,5 m<sup>3</sup>/h, pérdida de carga de 5m.c.a. y una capacidad de litros por aerotermo.

Se dispone la ficha técnica en los anexos.

### 10.4.3. FANCOILS

Los fan-coils "AERMEC", tipo casete (Serie FCL, fan-coil casete), han sido diseñados para su instalación en falsos techos de medida estándar 754x754 mm. Y gracias a su ventilador de alto rendimiento se ha conseguido una altura mínima de sólo 362 mm., por lo que se integra perfectamente en el techo sin destacar de modo especial. La aspiración se realiza por el centro de la rejilla y dispone de 4 salidas laterales regulables que permiten abriéndolas o cerrándolas a voluntad, obtener una perfecta distribución del aire en el local.

MODELOS	POTENCIA (W)	CAUDAL AGUA (l/h)	CAPACIDAD (l)
FCL-122	6250	857	1,4
FCL-122	8660	749	2
FCL-122	7550	664	1,7
FCL-62	4120	360	1,2
FCL-62	3200	305	1,1

- Vmf sistema con las redes y glli10n e glli20n
- Ahorro eléctrico igual al 50% con respecto a un fan coil con motor
- -Tradicional de 3 velocidades
- Máximo silencio de funcionamiento
- Confort total: oscilaciones reducidas de la temperatura y de la humedad relativa en los ambientes climatizados
- Válvula interior de tres vías de serie, con actuador de activación rápida y señalización visual de la posición
- Versión con válvulas de 2 vías para las instalaciones con caudal de agua variable
- Versión sin válvulas
- Batería de intercambio térmico con perfil moldurado y superficie ampliada
- Ventilador diseñado para lograr una emisión sonora reducida versiones para sistemas de 2 a 4 tubos

## 11. MATERIALES DE LAS CONDUCCIONES

### 11.1. RED DEL FLUIDO CALOPORTADOR

#### 11.1.1. MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

Por lo que respecta a las tuberías utilizadas en instalaciones solares, normalmente habrá que distinguir entre dos circuitos: el primario (captadores intercambiador) y secundario (acumulador-consumo).

Respecto al circuito primario, hay que tener en cuenta que en determinadas ocasiones la temperatura de circulación del fluido, entre captadores e intercambiador, puede llegar a temperaturas elevadas, hecho que producirá esfuerzos considerables sobre las tuberías y sus fijaciones debido a

las dilataciones, además de acelerarse cualquier proceso de calcificación y corrosión.

En cuanto al circuito secundario, la incorporación de la instalación solar no ofrece ninguna modificación de materiales por lo que respecta a cualquier configuración con utilización de fuentes energéticas convencionales. Por tanto, las tuberías de conexión hasta el acumulador serán del mismo material que los utilizados en el resto de la instalación, pero evitando el cobre en el caso que la instalación de distribución posterior sea de hierro con tal de minimizar la corrosión galvánica.

Por tanto, utilizaremos tuberías de cobre que se describen a continuación:

- **Cobre**

-*Ventajas*: Coeficiente bajo de dilatación, facilidad de trabajo, económico, gran variedad de figuras y accesorios en el mercado.

-*Inconvenientes*: Transmisión térmica elevada, uniones por soldadura mediante aleaciones, incompatibilidad con tuberías metálicas, corrosión galvánica.

### 11.1.2. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

Con tal de minimizar las pérdidas de energía calorífica en el conjunto del sistema de captación solar, es conveniente colocar aislamientos térmicos en todos los componentes del sistema, especialmente en las tuberías.

Estos aislamientos deben cumplir la normativa vigente. En este caso es el RITE, a través de la ITE 03.12 y el apéndice 03.1 “Espesores mínimos de aislamiento térmico” que mencionan los criterios que debe cumplir el aislamiento de la instalación. El apéndice 03.1 presenta las fórmulas matemáticas para el cálculo del grueso que deben tener los aislamientos correspondientes de las tuberías instaladas en el interior de las edificaciones hechas a partir de materiales con las siguientes características:

- Coeficiente de conductividad térmica a 20°C: 0,040 W/mK
- Margen de temperaturas de trabajo: 35°C y 110°C

Además, se deberá garantizar las siguientes características en el caso de que las tuberías estén en el exterior:

- Inalterabilidad a causa de los cambios meteorológicos así como resistencia a la formación de hongos.

- Resistencia a la radiación solar del material aislante, en caso contrario se deberá cubrirlo con fundas o pinturas protectoras.
- Sellado de los pases al exterior, eliminación de puentes térmicos.

Así pues, al definir el aislamiento que se aplicará en una instalación se tienen que especificar los valores del material utilizado:

- Coeficiente de conductividad térmica del material.
- Margen de temperaturas de trabajo según el fabricante.
- Coeficiente de absorción de agua.
- Grueso nominal escogido en cada zona de la instalación.

## **12. DESCRIPCION DE LOS CALCULOS**

### **12.1. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA**

La zona climática de cualquier localidad en la que se ubiquen los edificios se: obtiene de La tabla D.1 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía) en función de la diferencia de altura que existe entre dicha localidad y la altura de referencia en la capital de provincia. Si la diferencia de altura fuese menor de 200 m o la localidad se encuentre a menor altura, se tomará para dicha localidad la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia.

### **12.2. TRANSMITANCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS**

Se calcula la transmitancia térmica  $U$  y ésta deberá ser menor que la transmitancia térmica máxima obtenida de la tabla 2.1 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía) que depende del tipo de cerramiento y de la zona climática en la que nos encontramos.

#### **12.2.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR**

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior que en nuestro edificio sólo se tratará de muros de fachada.

La transmitancia térmica  $U$  viene dada por la siguiente expresión:

$$U = (W/m^2K)$$

Siendo  $R_t$  la resistencia térmica del componente constructivo ( $m^2 K/ W$ ).

La resistencia térmica total de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas (nuestro caso) debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo  $R_1, R_2, \dots R_n$ , las resistencias térmicas de cada capa y  $R_{si}, R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente.

Para calcular  $R_1, R_2, \dots, R_n$

$$R =$$

Siendo  $e$  el espesor de la capa (m) y la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos ( $W / m K$ ).

$R_{si}, R_{se}$  se obtienen de la siguiente tabla:

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente $> 60^\circ$ y flujo de calor horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $< 60^\circ$ y flujo de calor ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $< 60^\circ$ y flujo de calor descendente	0,04	0,17

## 12.2.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

Se excluyen de estos cálculos los vacíos o cámaras sanitarias porque no son nuestro caso.

La transmitancia térmica  $U$  viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b$$

Siendo  $U$ , la transmitancia térmica de la partición interior calculada como si de un muro exterior se tratase.

Y b el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla E.7 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía) para los casos concretos que se citan.

Tendremos en cuenta:

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
Particiones interiores verticales o con pendiente $>60^\circ$ y flujo de calor horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $<60^\circ$ y flujo de calor ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal $<60^\circ$ y flujo de calor descendente	0,17	0,17

El coeficiente b se obtendrá de la tabla dicha en función de:

- La situación del aislamiento térmico:

1. No aislado<sub>ue</sub> - aislado<sub>iu</sub>
2. No aislado<sub>ue</sub> - No aislado<sub>iu</sub>
3. Aislado<sub>ue</sub> - No aislado<sub>iu</sub>

U<sub>e</sub>: se refiere al cerramiento entre el espacio no habitable y el exterior

I<sub>u</sub>: se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el no habitable.

- El grado de ventilación del espacio, dos casos:

1. Espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 ó 3 (este es nuestro caso siempre)
2. Espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 ó 5

- La relación de áreas entre la partición interior y el cerramiento exterior ( $A_{iu}/A_{ue}$ )

### 12.2.3. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

-Suelos en contacto con el terreno

Para el cálculo de la transmitancia  $U_s$  (W/m<sup>2</sup>K) se consideran en este apartado:

CASO 1 soleras o losas apoyadas sobre el nivel del terreno o como máximo 0,50 m por debajo de éste;

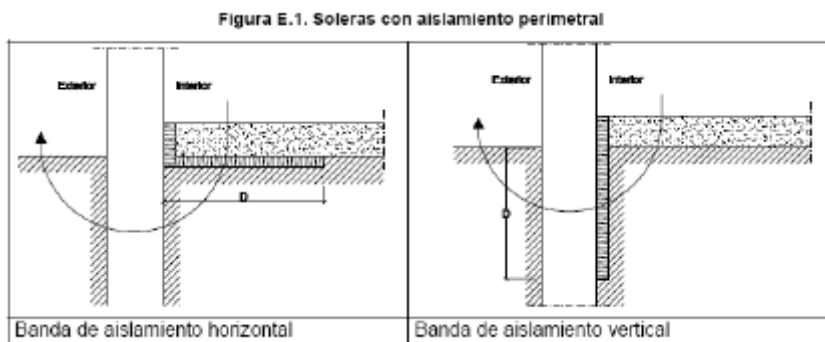


CASO 2 soleras o losas a una profundidad superior a 0,5 m respecto al nivel del terreno.

En el caso del edificio estudiado se aplica el CASO 1.

1. La transmitancia térmica  $U_s$  ( $W/m^2K$ ) se obtendrá en función del ancho  $D$  de la banda de aislamiento perimetrico, de la resistencia térmica del aislante  $R_a$  y la longitud característica  $B'$  de la solera o losa.

2. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.



3. Se define la longitud característica  $B'$  como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semi-perímetro, según la expresión:

$$B' = A / (1/2 P)$$

Siendo  $P$  la longitud del perímetro de la solera [m];

$A$  el área de la solera [ $m^2$ ].

4. Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica  $U_s$  se tomará de la columna

$R_a = 0 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$  en función de su longitud característica  $B'$ .

5. Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna  $D \geq 1,5 \text{ m}$ .

6. La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila

$B'=1$ .

Tabla E.3 Transmitancia térmica  $U_s$  en  $W/m^2 K$ 

$B'$	$R_s$	$D = 0.5 \text{ m}$					$D = 1.0 \text{ m}$					$D \geq 1.5 \text{ m}$				
		$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$					$R_a \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
$\geq 20$	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

7. Alternativamente, para un cálculo más detallado de la transmitancia térmica  $U_s$  podrá utilizarse la metodología descrita en la norma UNE EN ISO 13 370:1999.

(c) Particiones interiores en contacto con espacios no habitables

Para el cálculo de la transmitancia  $U$  ( $W/m^2K$ ) se consideran en este apartado el caso de cualquier partición interior en contacto con un espacio no habitable que a su vez esté en contacto con el exterior.

### 12.3. FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS

Se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s [(1 - FM) g_{\perp} + FM \cdot 0.04 U_m \alpha]$$

Siendo:

FS: el factor de sombra del hueco obtenido de las tablas E.I1 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía) en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente este valor se debe considerar igual a la unidad;

FM: la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

$g_{\perp}$ : el factor solar de la parte semitransparente del hueco a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

$U_m$ : la transmitancia térmica del marco del hueco;

$\alpha$ : la absorptividad del marco obtenida de E.I0 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía) en función de su color.

## 12.4. CONDENSACIONES

Para las condiciones exteriores como la temperatura exterior y humedad relativa exterior, se tomarán los valores medios mensuales de la localidad donde se ubique el edificio correspondiente al mes de enero. Para las capitales de provincia los valores que se usarán serán los contenidos en la tabla G.1 (Documento Básico HE, Ahorro de Energía). En nuestro caso la localidad se encuentra a menor altura que la de referencia por lo que se tomará para dicha localidad la misma temperatura y humedad relativa que la que corresponde a la capital de provincia.

Las condiciones interiores serán 20°C como la temperatura interior del edificio y

55% de humedad relativa interior por estar en unos espacios de clase de higrometría 3 o inferior

### 12.4.1. CONDENSACIONES SUPERFICIALES

El factor de temperatura de la superficie interior del cerramiento debe ser en todo caso mayor que el factor de temperatura de la superficie interior mínimo.

El factor de temperatura de la superficie interior de cada cerramiento se consigue mediante la siguiente expresión:

$$f_{rs} = 1 - 0.25 U$$

Mientras que el factor de temperatura de la superficie interior mínimo se consigue mediante la siguiente expresión:

$$f_{rsi,min} (\theta_{si,min} - \theta_e) / (20 - \theta_e)$$

Siendo:

$\theta_e$ : la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero

$\theta_{si,min}$ : la temperatura superficial interior mínima aceptable obtenida de la expresión:

$$\theta_{si,min} = 237.3 \ln (P_{sat} / 610.5) / [17.269 - \ln (P_{sat} / 610.5)]$$

Donde

$$P_{sat} = P_i / 0.8$$

$$P_i = 2337 * \Phi$$

Siendo  $\Phi$  la humedad relativa interior.

### 12.4.2. CONDENSACIONES INTERSTICIALES

Se debe cumplir que la presión de vapor de cada capa de los cerramientos sea menor que la presión de vapor de saturación de esa misma capa. Para ello hay que realizar los siguientes cálculos:

#### – ***Distribución de temperatura***

La distribución de temperatura a lo largo del espesor de un cerramiento formado por varias capas depende de las temperaturas del aire a ambos lados de la misma, así como de las resistencias térmicas de cada capa.

Se calcula la temperatura de la superficie exterior:

$$\theta_{se} = \theta_e + * (\theta_i - \theta_e)$$

siendo:

$\theta_e$ : temperatura exterior de la localidad;

$\theta_i$ : temperatura interior del edificio;

$R_T$ : resistencia térmica total del cerramiento;

$R_{se}$ : resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior.

Así sucesivamente se calculan:

$$\theta_1 = \theta_{se} + * (\theta_i - \theta_e)$$

.....

$$\theta_n = \theta_{n-1} + * (\theta_i - \theta_e)$$

$$\theta_{si} = \theta_n + * (\theta_i - \theta_e)$$

#### – ***Distribución de la presión de vapor de saturación***

Se calculará en función de la temperatura, a partir de la siguiente ecuación:

Para temperatura igual o mayor a 0°C:  $P_{sat} = 610.5 *$

#### – ***Distribución de presión de vapor***

Se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$P_I = P_e + \dots (P_i - P_e)$$

$$P_n = P_{n-1} + \dots (P_i - P_e)$$

Siendo

$P_i$ = presión de vapor del aire interior (Pa);

$P_e$ = presión de vapor del aire exterior (Pa);

$P_1 \dots P_{n-1}$ : presión de vapor de cada capa n (Pa);

$S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$ : espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión:

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n$$

Siendo

$e$ : espesor de la capa n (m);

$\mu$ : factor de resistencia a la difusión de vapor de agua calculado a partir de valores térmicos tomados de documentos reconocidos.

El cálculo analítico de las presiones interior y exterior se realiza mediante Las siguientes expresiones:

$$P_i = \Phi \cdot P_{sat}(\theta_i): \Phi_i: \text{humedad relativa del ambiente interior}$$

$$P_e = \Phi \cdot P_{sat}(\theta_e): \Phi_e: \text{humedad relativa del ambiente exterior}$$

### 13. FICHAS JUSTIFICATIVAS

Hallado ya todo lo anterior ya estamos en condiciones de rellenar las tres fichas justificativas de los cálculos que se encuentran en el apéndice H del Documento Básico

HE, Ahorro de Energía. Así pues, para la conformidad con este Documento Básico se deben todas las condiciones que aparecen en las tres siguientes fichas.

#### 13.1. ESTIMACION DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA DE CADA RECINTO

La carga térmica es la carga térmica necesaria para conseguir un ambiente de bienestar.

Se tienen en cuenta dos factores:

### 13.1.1. PERDIDAS POR TRANSMISION

Son las pérdidas de calor por transmisión a través de los cerramientos. Esta carga se divide por cada uno de los espacios que conforman el edificio, para conocer las necesidades caloríficas de cada uno de ellos.

$$H_t = A \times U$$

Donde

$H_t$  = coeficiente de transmisión de un área concreta de un cerramiento concreto ( $W/m^2\ ^\circ C$ )

$A$  = superficie del cerramiento

$U$  = coeficiente de transmisión térmica ( $W/m^2\ ^\circ C$ ) cubierta y así poder calcular el coeficiente global de cada espacio o habitación del edificio.

$$H_t \text{ TOTAL HABITACIÓN} = \Sigma H_t = H_t \text{ SUELO} + H_t \text{ TECHO} + H_t \text{ MUROS} +$$

$$H_t \text{ PUERTAS} + H_t \text{ VENTANAS}$$

### 13.1.2. PERDIDAS POR VENTILACION

En este caso no se tienen en cuenta las infiltraciones, sólo se tienen en cuenta las entradas de aire que se dan a la hora de ventilar.

La potencia necesaria para elevar  $1^\circ C$  la temperatura de un  $m^3$  de aire es 0,34

$W/^\circ C\ m^2$ . A partir de esta estimación se realizan los cálculos teniendo en cuenta las diferentes renovaciones de aire para cada espacio, así como su volumen.

Estas serán las renovaciones hora de cada recinto:

RECINTO	TEMPERATURA( $^\circ C$ )
Pista deportiva	15
Usos múltiples	15
Aseos	20
almacén	20
Sala instalaciones	15
Vestuarios	20
Pasillos	20
Despacho	20

$$H_v = n \times 0,34 \times V$$

Donde

$H_v$  = coeficiente de ventilación (W/°C)

$n$  = número de renovaciones/hora

$V$  = volumen del espacio a estudio (m<sup>3</sup>)

Al igual que para las pérdidas por transmisión, con las pérdidas por ventilación, se realiza un cálculo por cada espacio o habitación.

## 14. CARGA TERMICA DEL EDIFICIO Y SUPLEMENTOS

Se realiza un desglose por espacios y se calcula un coeficiente total, suma de los coeficientes de transmisión y ventilación para cada habitación:

$$H = H_t + H_v$$

A continuación se realiza el cálculo del flujo resultante al multiplicarlo por el salto de temperatura existente.

$$Q = H \times (T_i - T_e)$$

Donde

$Q$  = flujo de calor (W)

$H$  = coeficiente global para cada habitación (W/°C)

$T_i - T_e$  = salto de temperatura (°C)

En este punto ya se tienen los valores totales; a continuación hay que introducir unos factores en los que se valoran distintos tipos de suplementos.

Según las distintas orientaciones se prevén los siguientes suplementos por orientación:

ORIENTACION	SUPLEMENTO
Zona Norte	15%
Zona Este, Oeste	5%
Zona Sureste, Suroeste	2,5%
Zona Sur	0%

Además, según el horario de funcionamiento habrá que prever un suplemento de potencia, debido a la intermitencia de los ciclos. Para este edificio se ha previsto un funcionamiento de 8 a 10 horas diarias con un coeficiente por intermitencia de 1,2.

$$Q_0 = Q \times \text{Factor Orientación} \times \text{Factor Intermitencia}$$

## 15. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Ahora que ya sabemos los emisores de calor que habrá en cada recinto a calefactar, ya nos es posible diseñar la instalación.

### 15.1. DIÁMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA EN TRAMOS RECTOS

Una vez dibujada la instalación de las dos viviendas y de los dos locales podremos dimensionar todos los tramos de tuberías que tenemos. Esto se puede lograr con la gráfica cuyas entradas son el caudal y las pérdidas de carga (mm.c.a. /m).

Teniendo en cuenta que el caudal ya lo conocemos y las pérdidas de carga óptimas se sitúan entre 50 y 200 Pa/m, tomaremos el diámetro de tubería más adecuado, la velocidad que llevara el fluido y anotando también la pérdida de carga en ese tramo de tubería.

### 15.2. PÉRDIDAS DE CARGA PUNTUALES

Estas pérdidas de carga se refieren a las que se sufren en cada tramo del recorrido de la instalación hasta el emisor más alejado por elementos que se colocan en la tubería para hacer posible la instalación, como pueden ser curvas, codos, piezas T, etc.

Estas pérdidas de carga se calcularán para cada tramo de tubería, según su diámetro, utilizando la gráfica correspondiente a las pérdidas de carga por accesorios que nos da el fabricante

### 15.3. PÉRDIDAS DE CARGA TOTALES DE LA INSTALACIÓN

Medirnos los tramos de tubería correspondientes al recorrido hasta el emisor más alejado y multiplicando esta medida por las pérdidas de carga en tramos rectos por cada metro que hemos hallado anteriormente, obtenemos las pérdidas de carga en cada tramo recto de tubería. Sumando a éstas las pérdidas de carga puntuales también obtenidas antes conseguiremos saber las pérdidas de carga totales de cada tramo de tubería. Por último, realizando un sumatorio de todas estas obtendremos las pérdidas de carga total del edificio.



## 15.4. EQUILIBRADO DE LA INSTALACIÓN

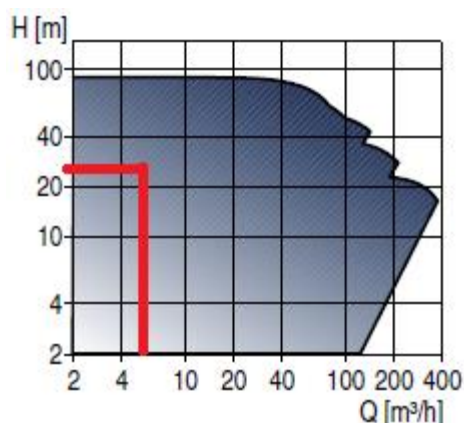
Se comprueba que las pérdidas de carga de los tres circuitos de la calefacción está equilibrado, para que el fluido circule de la manera deseada por nuestra instalación, ya que sino el agua recorrerá primeramente el camino por el cual menos perdida de carga tenga. Si no es posible se dispondrán de válvulas de equilibrado.

Para comprobar que los circuitos están equilibrados se hará la media de la perdida de carga de los tres circuitos y obtendremos un intervalo sumándole y restándole un 15-20% de la media de las perdidas y comprobaremos que la perdida de cada circuito está en el intervalo obtenido.

Intervalo: [media + 15% de la media, media – 15% de la media]

## 15.5. BOMBA CIRCULADORA DEL AGUA

En función de las pérdidas totales de carga del edificio y de los caudales totales necesarios para sus instalaciones, elegiremos (por catálogo o similar) una bomba circuladora adecuada que logre su función con creces pero que no derroche energía.



Se escoge la bomba de rotor húmedo **TPE Serie 200**, groundfos. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente.

## 16. CALDERA

## 16.1. TIPOS DE COMBUSTIBLES PARA CALDERAS

Las calderas de las instalaciones de calefacción tienen como finalidad la de elevar la temperatura del fluido caloportador mediante combustión o efecto Joule. El tipo de combustibles más empleados suelen ser:

- Sólidos: carbón, leña...
- Líquidos: derivados del petróleo.
- Gaseosos: GLP, gas natural...

En nuestro caso la caldera funcionará con gas natural.

En general es conveniente generar el calor a medida que se hace necesario y por tanto, proyectar las instalaciones de modo que, sin mermar el rendimiento, tengan la flexibilidad necesaria para responder a las condiciones exteriores en cualquier caso.

## 16.2. CALDERA ELEGIDA

La caldera elegida tras la realización de los cálculos de las necesidades caloríficas para el edificio del presente proyecto es de la marca Ferroli modelo **PREXTHERM RSH GN-GP 2S-M (600)**, con una potencia de 600kW, que será suficiente para cubrir tanto las necesidades caloríficas del polideportivo y vestuarios, como el calentamiento del A.C.S.

### 16.2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El tipo de construcción de las calderas de la serie PREXTHERM RSW garantiza potencia y elevados rendimientos con bajas temperaturas de humos, obteniéndose así escasas emisiones contaminantes. La fabricación sigue la norma EN 303 parte 1. Los principales elementos técnicos del diseño son - el cuidadoso estudio de las geometrías, para obtener una relación óptima entre los volúmenes de combustión y las superficies de intercambio la elección de los materiales usados, para una larga duración de la caldera.

Las calderas son de combustión presurizada, con 2 pasos de humos, de tipo cilíndrico horizontal con inversión de llama en el hogar, completamente rodeado por el agua que lo enfría, la llama producida por el quemador se invierte periféricamente hacia la parte anterior, donde los humos entran en el haz tubular en los que se insertan los turbohélices que crean turbulencias que aumentan el intercambio térmico por convección. A la salida del haz tubular los humos se recogen en la cámara posterior y se encauzan hacia la chimenea.

Las calderas están equipadas con una puerta con bisagra para su apertura hacia la derecha o hacia la izquierda y regulable en altura y profundidad. El cuerpo está aislado mediante un grueso colchón de lana de vidrio recubierto con una capa posterior de material antiroturas. El acabado externo está formado por paneles de acero, barnizados. Las calderas están provistas de 2 conexiones de 1/2" para vainas porta bulbos (aptas para alojar 3 bulbos cada una). El panel de mando que ya está precableado se situara sobre la caldera y permite el funcionamiento automático de la misma.

### 16.2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Las calderas **PREXTHERM RSH** están provistas de un hogar cilíndrico ciego, en la que la llama del quemador se invierte periféricamente hacia delante y desde donde los gases de la combustión entran en los tubos de humos. A la salida, estos se recogen en la cámara de humos y de ahí se envían a la chimenea. Durante el funcionamiento del quemador la cámara de combustión siempre está a presión. Pérdidas de carga lado humos. El conducto de humos y la conexión a la chimenea deben realizarse de acuerdo con las Normas y la Legislación vigente, con conductos rígidos, resistentes a la temperatura, al agua de condensación, los esfuerzos mecánicos y la estanquidad.

La caldera entrará en funcionamiento intermitentemente, siempre que la temperatura del agua en el segundo depósito acumulador sea inferior a 60°C y parara cuando sobrepase los 63°C, mientras que el centro deportivo permanezca abierto. Esta caldera dejará de funcionar durante las horas de cierre y dos horas antes de abrir las instalaciones volverá a funcionar ya que es capaz de calentar el agua para el abastecimiento del A.C.S.

### 16.2.3. CERTIFICACIÓN

La marca CE certifica que los aparatos Férroli cumplen con los requisitos contenidos en las directivas europeas que les son aplicables.

En especial este aparato cumple con las siguientes directivas CEE:

- Directiva de los aparatos de gas (90/396 CEE)
- Directiva de la Baja Tensión 73/23 CEE (modificada por la 93/68)
- Directiva de la Compatibilidad Electromagnética 89/336 (modificada por la 93/68)

#### **16.2.4. FORMA DE SUMINISTRO**

Las calderas PREXTHERM RSH se entregan con: puerta, cámara de humos e aislamiento instalados, mientras que los paneles se hallan en un embalaje de cartón aparte.

El panel de instrumentos y el colchón de fibra cerámica para la tobera del quemador se hallan dentro de la cámara de combustión.

#### **16.3. VENTILACIÓN DE LA SALA DE CALDERA**

La sala dispone de ventilación rápida directa al exterior por medio de la puerta de entrada.

#### **16.4. REGULACIÓN DEL CIRCUITO DE CALEFACCIÓN**

Se instalará un termostato de ambiente que se situará en cada uno de los recintos y en la parte de aseos y pasillos. Se deberá instalar también un dispositivo de parada que podrá estar incorporado en el mismo termostato.

El termostato ambiente se situará a una altura de 1.70 m y actuará sobre el funcionamiento de la bomba del circuito de calefacción, de forma que una vez alcanzada la temperatura ambiente deseada, cesará la circulación de agua por los radiadores lo que provocará la parada de la caldera en tanto no disminuya las condiciones ambientales por debajo del gradiente de temperatura previsto.

#### **16.5. REGULACIÓN DE LA CALDERA**

La temperatura de la caldera se seleccionará en el termostato del panel de mandos.

En serie con este termostato de trabajo se conectionará eléctricamente un termostato de seguridad precintado de fábrica a una temperatura de 95°C, el cual actuará únicamente si se presenta una anomalía en el termostato de trabajo, siendo preciso rearmarlo en caso de disparo de forma manual.

En la base de la chimenea el fabricante incorporará un elemento de control que asegure el funcionamiento correcto del tiro y por lo tanto, que no se producen revoques.

## **16.6. DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS DE LA CALDERA**

### **16.6.1. POTENCIA NECESARIA PARA CALEFACCIÓN**

Según el manual comercial de FERROLI, esta será la suma del calor total que existirá en cada habitación (potencia de los emisores) más el calor que proporcionan las tuberías por donde circula el agua.

Para conseguir el valor del calor de las tuberías es válido considerar que serán como máximo el 5% de la potencia útil instalada, es decir, del calor de todos los emisores, según la normativa IT.IC.04.4.

$$P = (\Delta Q_{\text{EMISORES}} + \Delta Q_{\text{TUBERIAS}})$$

### **16.6.2. POTENCIA NECESARIA PARA A.C.S.**

La potencia calorífica de la caldera debe ser la necesaria para elevar el agua fría de entrada de los  $15^{\circ}\text{C}$  que hemos supuesto a los  $60^{\circ}\text{C}$  que debe alimentar el acumulador.

$$P = V (t_f - t_i); \text{ siendo } V \text{ el volumen del acumulador}$$

Como por otro lado se supone que antes de utilizar el agua caliente se dispone de un periodo de tiempo para efectuar el calentamiento del acumulador, y según normativa, nos dice que debe ser de dos horas, la potencia de la caldera debe ser:  $P = V (t_f - t_i) / 2$  (kcal/h; se convertirá este valor a W)

A este valor se le debe incrementar un 15% debido a las pérdidas de calor del agua durante la circulación por las tuberías.

### **16.6.3. POTENCIA TOTAL DE LA CALDERA**

La potencia total requerida para satisfacer las necesidades de calefacción y de

A.C.S. será la suma de la potencia necesaria para ambas.

## 17. VASO DE EXPANSIÓN

Volumen en los emisores: 7 litros por aerotermo \* 4 unidades = **21 litros**

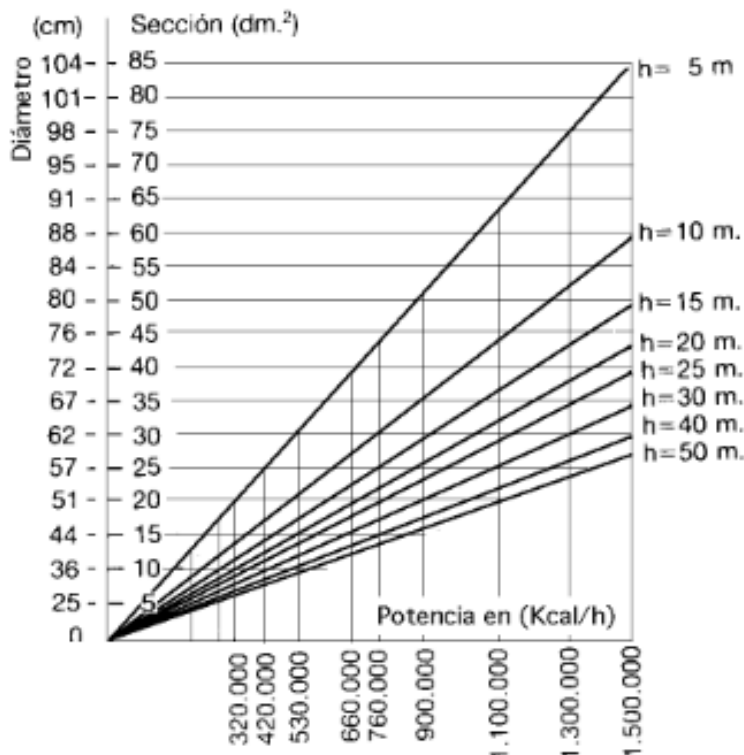
Volumen de todos los Fan-coils: **23'2 litros**

Volumen en tuberías: 140,91 + 65,55 + 68,92 = **275,38 litros**

Así pues, el vaso de expansión seleccionado será el modelo **AMR 35** de la marca **Ibaidondo**. Este tendrá una capacidad nominal de 35 litros, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6 - 10% del volumen de agua del circuito entero.

## 18. SALIDA DE HUMOS DE LA CALDERA

El cálculo de la sección del conducto de evacuación de humos se va a calcular siguiendo las recomendaciones de Ferroli para el cálculo de chimeneas. Se utiliza el siguiente gráfico:



cual

En el  
podemos

apreciar que para nuestra caldera que es de **510000 Kcal/h** y la altura a la que deberá evacuar los humos, que en nuestro caso serán unos **10 metros**, necesitaremos una chimenea con un diámetro mínimo de **350 mm**.

## 19. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Consiste en hacer unos cálculos para ver si la instalación es rentable o no a largo plazo. Para ello, se calculará primero el volumen de gas natural que se consume en el centro deportivo y luego se calculará lo que se ahorra con las instalaciones solares.

El consumo de combustible se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$C = \frac{V \cdot \Delta t \cdot 365}{Hu \cdot \eta}$$

Donde,

C: Caudal en m<sup>3</sup>/año.

V: Volumen diario medio de consumo de agua caliente en litros.

$\Delta t$ : Salto térmico para aumentar el agua hasta la temperatura deseada.

Hu: Poder calorífico inferior del gas natural, 8850Kcal/m<sup>3</sup>.

H: Rendimiento de la instalación, 80%.

Calculamos el consumo de gas correspondiente al A.C.S.:

Datos:

V=5000 litros/día

$\Delta t=50^{\circ}\text{C}$  (salto térmico desde la temperatura de agua media de red hasta la temperatura de acumulación).

$$C = (5000 \cdot 50 \cdot 300) / (8850 \cdot 0,6) = \mathbf{14.124,29 \text{ m}^3/\text{año}}$$

Dando por hecho que el proyecto está bien diseñado y que los colectores nos aportan el 80.9% de la energía en el caso de A.C.S., obtenemos la cantidad de gas que nos ahorramos.

- El 80,9% de 16949.15 m<sup>3</sup>/año es  $\rightarrow \mathbf{11.426,55 \text{ m}^3/\text{año en A.C.S.}}$

Que cuantificándola en términos monetarios obtenemos:

$11.426,55 \text{ m}^3/\text{año} * (0,63\text{€/m}^3 \text{ de gas natural}) = \mathbf{7.158,72 \text{ € de ahorro al año.}}$

Las instalaciones solares han costado un total de 40.474,34 € con lo que la amortización de las mismas se realizará de acuerdo a la tabla siguiente.

Año	Amortización
1	-40.474,34 < 0
2	-33.615,32 < 0
3	-26.156,9 < 0
4	-18.998,18 < 0
5	-11.839,46 < 0
6	-4.680,74 < 0
7	2.477,98 > 0
8	9636,7 > 0
9	16.795,7 > 0

Como puede verse en la tabla, a partir del séptimo año se amortiza el gasto realizado en los sistemas solares.



## 20. RESUMEN PRESUPUESTOS

CAPITULO I: INSTALACION SOLAR DE A.C.S. .... 40.474,34€

CAPITULO II: INSTALACION CONVENCIONAL DE A.C.S..... 26.133,37€

CAPITULO III: INSTALACION DE CONSUMO AGUA FRIA,  
A.C.S. Y RECIRCULACION..... 19.233,33€

CAPITULO IV: INSTALACION DE CALEFACCION ..... 20.958,4€

CAPITULO V: INSTALACION GAS NATURAL..... 3.601,6€

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL: 134.401.04€**

- 15% Gastos generales y Beneficio Industrial: ..... 20.160,15€

**TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA:.....154.561,20€**

**CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS SESENTA Y  
UNO, CON VEINTE CENTIMOS DE EUROS**

- IVA 16 %.....24.729.80€

**TOTAL PRESUPUESTO GENERAL + IVA.....179.291,35 €**

**CIENTO SETENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTO NOVENTA Y  
UNO, CON TREINTA Y CINCO CENTIMOS**

TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO.**

Pamplona, Febrero de 2015.

Firmado:

Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

CÁLCULOS

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## ÍNDICE

1. INTRODUCCION .....	5
1.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	5
1.2. OBLIGATORIEDAD .....	5
1.3. DESCRIPCION DE UNA INSTALACION SOLAR .....	5
2. INSTALACIÓN SOLAR DE A.C.S. ....	6
2.1. INTRODUCCIÓN. ....	6
2.2. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA .....	7
2.3. CONSUMOS DE LAVABOS Y DUCHAS .....	7
2.4. CALCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA .....	9
2.4.1. CALCULOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA .....	9
2.5. ENERGÍA TOTAL TEÓRICA INCIDENTE SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA.....	10
2.6. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL COLECTOR.....	13
2.7. ENERGÍA NETA DISPONIBLE POR M <sup>2</sup> DE PANEL. ....	15
2.8. SUPERFICIE COLECTORA NECESARIA.....	15
2.9. GRAFICAS .....	17
3. CIRCUITO SOLAR PRIMARIO .....	18
3.1. SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR. ....	19
3.2. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.....	19
3.2.1. MATERIAL.....	19
3.2.2. CAUDAL DEL FLUIDO .....	20
3.3. ELECCION DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR. ....	21
3.4. BOMBA DE CIRCULACIÓN.....	22
3.4.1. PERDIDAS POR ALTURA .....	23
3.4.2. PÉRDIDA DE CARGA EN LOS COLECTORES. ....	23
3.4.3. PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR. ....	24
3.5. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.....	26
3.6. DISPOSITIVO DE SEGURIDAD FRENTE A LOS COLECTORES.....	28
4. CIRCUITO SOLAR SECUNDARIO .....	28

4.1. INTRODUCCION .....	28
4.2. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.....	28
4.3. BOMBA DE CIRCULACIÓN.....	29
4.4. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.....	30
4.5. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.....	32
5. INSTALACIÓN CONVENCIONAL DE A.C.S.....	33
5.1. INTRODUCCIÓN.....	33
5.2. CIRCUITO 1º CONVENCIONAL DE APOYO.....	34
5.2.1. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.....	34
5.2.2. CALDERA SELECCIONADA.....	34
5.2.3. BOMBA DE CIRCULACIÓN.....	36
5.2.4. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.....	38
5.3. CIRCUITO 2º CONVENCIONAL.....	39
5.3.1. CALCULO DE LAS TUBERIAS.....	39
5.3.2. BOMBA DE CIRCULACIÓN.....	39
5.3.3. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.....	41
5.3.4. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.....	42
6. INSTALACION DE AGUA FRIA Y AGUA CALIENTE SANITARIA .....	43
6.1. DESCRIPCION DE TRAMOS DE LA INSTALACION DE AGUA FRIA. 44	
6.1.1. CALCULOS DE LA INSTALACION DE AGUA FRIA.....	47
6.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACION DE AGUA FRIA ....	48
6.2.3. PERDIDAS DE CARGA EN CADA TRAMO. ....	53
6.2.4. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA FRIA. 57	
6.3. DESCRIPCION DE TRAMOS DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA .....	60
6.3.1. CALCULOS DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) .....	63
6.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) .....	63
6.3.3. PÉRDIDAS DE CARGA EN CADA TRAMO.....	67

6.3.4. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA.....	70
6.4. RECIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA. ....	73
6.4.1. ELECCION DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN .....	74
7. INSTALACION DE CALEFACCION .....	75
7.1. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA .....	75
7.2. CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA DE LOS CERRAMIENTOS.....	77
7.2.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR .....	77
7.2.2. SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO .....	83
7.2.3. FACTOR SOLAR MODIFICADO.....	87
7.3. FICHAS JUSTIFICATIVAS.....	90
7.3.1. FICHA 1: CALCULO DE LOS PARAMETROS CARACTERISICOS MEDIOS .....	90
7.3.2. FICHA 2 CONFORMIDAD – DEMANDA ENERGETICA .....	93
7.3.3. FICHA 3: CONFORMIDAD – CONDENSACIONES.....	95
7.4. CALCULO DE PERDIDA DE CARGA DE CADA RECINTO DEL POLIDEPORTIVO .....	95
7.4.1. CALCULO DE PERDIDA DE POTENCIA CALORIFICA POR TRANSMISION .....	95
7.4.2. CALCULO DE PERDIDA DE POTENCIA CALORIFICA POR VENTILACION (RENOVACION).....	102
7.4.3. CARGA TERMICA DEL EDIFICIO Y SUPLEMENTOS.....	104
7.5. EMISORES DE CALOR .....	107
7.5.1. NUMERO DE ELEMENTOS A COLOCAR EN CADA RECINTO .	109
7.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES .....	109
7.6.1. DIAMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA EN TRAMOS RECTOS.	109
7.6.2. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE DE LA CALEFACCION.....	113
7.6.3. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.....	122
8. CALCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA .....	125
8.1. POTENCIA NECESARIA PARA LA CALEFACCION .....	125

8.2. POTENCIA NECESARIA PARA A.C.S.....	125
8.3. POTENCIA TOTAL DE LA CALDERA.....	126
8.3.1. SALIDA DE HUMOS DE LA CALDERA .....	126
8.3.2. CAUDAL NECESARIO DE GAS NATURAL.....	127

## 1. INTRODUCCION

En el presente documento se va a llevar a cabo una exposición detallada del procedimiento de cálculo y análisis de los resultados obtenidos, para el proyecto de instalación de ACS y calefacción del polideportivo, con sistema de producción de calor mediante caldera centralizada con apoyo solar, ubicado en la localidad de Cizur Menor, en Navarra.

### 1.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

- Normativa de carácter Nacional:
- Código Técnico de la Edificación CTE
- Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios RITE
- Normas UNE de aplicación
- Normativas Municipales de Pamplona y la normativa de la comunidad Foral de Navarra

### 1.2. OBLIGATORIEDAD

A partir de la entrada en vigor del CTE, es necesario prever la instalación de apoyo solar a la producción de ACS y climatización de piscinas cubiertas en edificios de nueva construcción y rehabilitación.

Un correcto dimensionamiento proporciona un gran ahorro y un mínimo impacto ambiental.

La aportación de la energía solar térmica en A.C.S. para instalaciones proporciona una instalación de calidad, con la mayor garantía de funcionamiento y ahorro de energía.

También su aporte podrá hacer posible tener un ahorro en calefacción de baja temperatura

### 1.3. DESCRIPCION DE UNA INSTALACION SOLAR

Una instalación solar está formada por un conjunto de componentes encargados de captar la energía del sol, y directamente cederla al fluido de trabajo y transferirla a otro para poder almacenarla o utilizarla en los puntos de consumo.

Los sistemas que forman parte de la instalación térmica solar son:

- Sistema de captación.
- Circuito hidráulico.
- Sistema de intercambio.
- Sistema de acumulación y distribución



- Sistema de regulación y control.
- Equipo de energía auxiliar convencional

Las instalaciones deberán tener un circuito primario y secundario totalmente independiente. (CTE HE-4 3.2.2 )

El circuito primario contará con la adición de un producto químico anticongelante no tóxico.

En instalaciones que cuenten con más de 10 m<sup>2</sup> de captación el circuito primario será de circulación forzada.

Si las instalaciones alcanzan una temperatura superior a los 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado.

## **2. INSTALACIÓN SOLAR DE A.C.S.**

### **2.1. INTRODUCCIÓN.**

La energía solar térmica aprovecha la radiación solar para calentar un fluido (1. Circuito) que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable. Esta energía es cedida mediante un intercambiador al circuito 2º calentando de este modo el agua que llega de la red.

#### **DATOS DE PARTIDA.**

- Localidad: Cizur Menor
- Altitud: 426 m.
- Latitud: 42°47' N
- Longitud: 1°40' O
- Humedad relativa: 69%
- Velocidad media del viento: 8,2 km/h
- Temperatura máxima en verano: 38,4°C
- Temperatura mínima en invierno: -16°C

Los datos referidos a geografía y climatología se han obtenido de la estación meteorológica de Larrabide (Pamplona) y la Universidad Pública de Navarra.

## 2.2. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA

El dimensionamiento de una instalación depende de la demanda energética del consumidor, de la zona climática y de la orientación e inclinación de los colectores. Las zonas climáticas se definen según la radiación horizontal media diaria, de esta forma la instalación se amoldará a las aportaciones energéticas de cada zona (CTE, HE 4, 3.1.2).

Según el Documento Básico HE Ahorro de Energía, la zona climática de cualquier localidad se obtiene en función de la altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia.

Las características climáticas coinciden con las de Pamplona, ya que según el Documento Básico HE. Ahorro de energía. (Apéndice D, zonas climáticas, en el apartado D1, determinación de la zona climática a partir de valores tabulados), si la diferencia de alturas es menor a 200m o la localidad se encontrase a una altura inferior que la de referencia, se tomara para dicha localidad, la misma zona climática que la que corresponde a la capital de provincia Pamplona con 456 msnm (metros sobre el nivel del mar). **Zona climática** que esta, **D1**.

Se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

La severidad climática de una localidad es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En la presente reglamentación se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

Por lo tanto se trabajara en el proyecto con una **zona climática tipo D1**, que es la que hace referencia a Pamplona. (**D**: Veranos suaves, no muy caluroso. **1**: Inviernos fríos).

## 2.3. CONSUMOS DE LAVABOS Y DUCHAS

Para realizar el cálculo mensual de A.C.S. se han obtenido los resultados de la demanda ocupacional del polideportivo durante los últimos años. Estos resultados se multiplicaran por el consumo que nos dicta el C.T.E.. En este caso el consumo es de 25 L por usuario.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

**Consumo de A.C.S. (m<sup>2</sup>)= 25 L x N° de personas**

Mes	Nº personas	Nº duchas	A.C.S. (m <sup>3</sup> )
Enero	4774	4774	119,35
Febrero	5014	5014	125,35
Marzo	3920	3920	98
Abril	5614	5614	140,35
Mayo	5480	5480	137
Junio	3574	3574	89,35
Julio	-	-	-
Agosto	1200	1200	30
Septiembre	3918	3918	97,95
Octubre	5824	5824	145,6
Noviembre	4774	4774	119,35
Diciembre	3770	3770	94,25

## 2.4. CALCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA

### 2.4.1. CALCULOS DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

A partir de los datos de afluencia se puede estimar el consumo de ACS, y con ello la energía anual necesaria para calentar el agua desde la temperatura de red hasta la temperatura de uso.

Una vez determinado el volumen de agua que consumirán los usuarios de la instalación, habrá que calcular la energía que se debe aportar para conseguir aumentar la temperatura del agua de red hasta la temperatura de uso. Para éste cálculo primero se obtendrá el salto térmico mediante la expresión:

$$\Delta t = (t_{uso} - t_{red})$$

La energía necesaria **Q**, dependerá del salto térmico a vencer y de la cantidad de agua caliente que se consumirá. Dicha energía la calcularemos mediante la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t$$

**Q**: Energía en termias.

**m**: Consumo de agua caliente en m<sup>3</sup>.

**c<sub>e</sub>**: Calor específico del agua, 1 Kcal/Kg.°C.

**Δt**: Salto térmico entre la temperatura de agua de red y la de consumo.

Cambio de unidades:

$$1 \text{ Termia} = 4.1858 \text{ MJ}$$

Mes	Consumo (m3)	Tª media agua red (°C)	Salto térmico (°C)	Necesidades energéticas (termias)	Necesidades energéticas Mensuales (MJ)	Necesidades Energéticas Diarias (MJ)
Enero	119,35	5	55	6564,25	27477,95	886.385
Febrero	125,35	6	54	6768,9	28334,6	1011,95
Marzo	98	8	52	5096	21331,86	688,12
Abril	140,35	10	50	7017,5	29375,25	979,175
Mayo	137	11	49	6713	28100,62	906,47
Junio	89,35	12	48	4288,8	17952,92	598,43
Julio	-	13	47	-	-	-
Agosto	30	12	48	1440	6027,84	194,45
Septiembre	97,95	11	49	4799,55	20090,92	669,7
Octubre	145,6	10	50	7280	30474,08	983,03
Noviembre	119,35	8	52	6206,2	25979,15	865,97
Diciembre	94,25	5	55	5183,75	21699,18	700
					Anual	<b>256844,37</b>

## 2.5. ENERGÍA TOTAL TEÓRICA INCIDENTE SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA.

La energía total teórica  $E$  que incide en un día medio de cada mes sobre cada  $m^2$  de superficie de colector solar se determina:

$$E = k \cdot H \cdot 0,94$$

$E$ : Energía teórica incidente sobre un  $m^2$  colector (MJ).

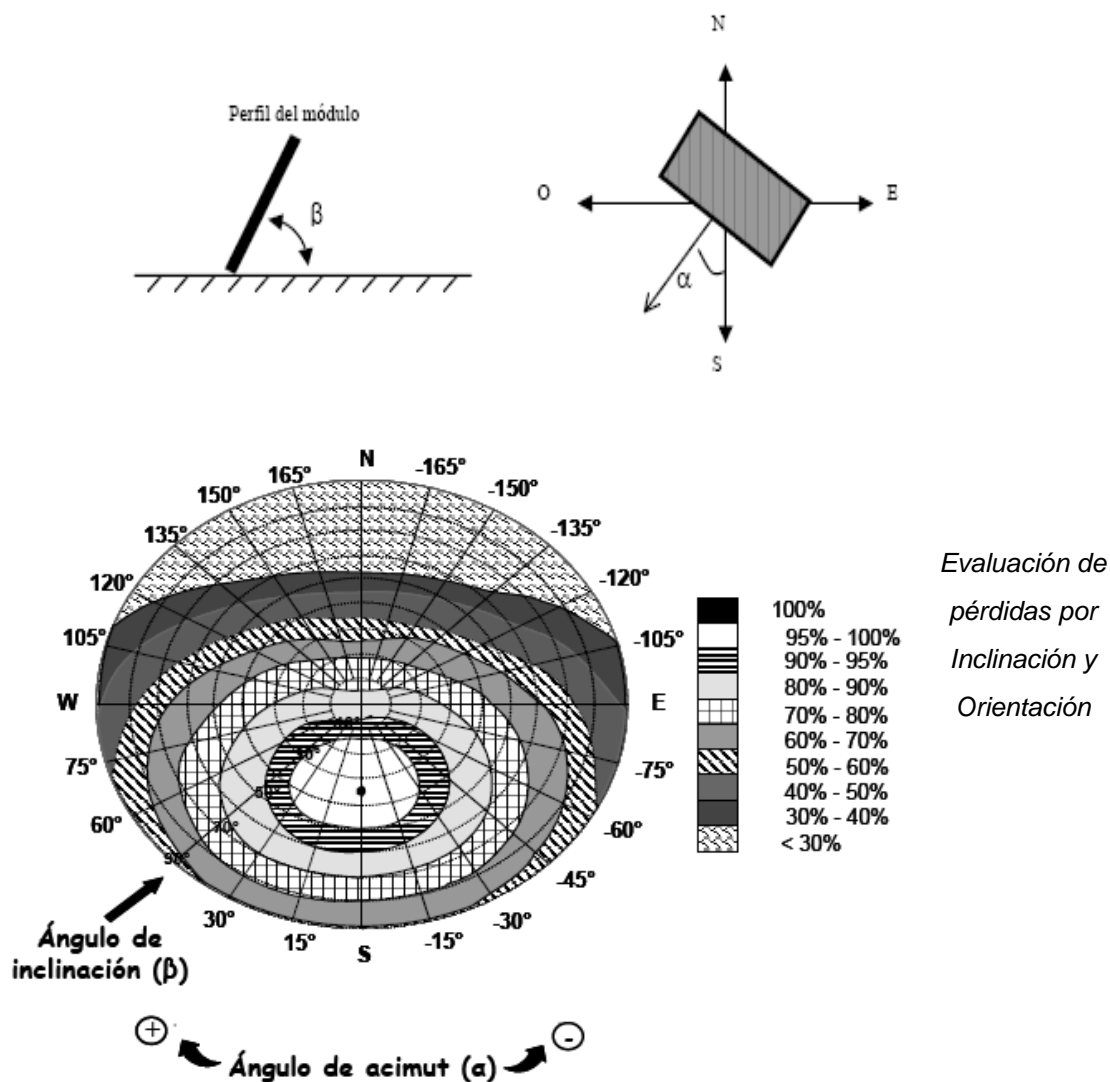
$k$ : Factor de corrección en función del ángulo de inclinación de los paneles solares y la latitud para cada mes.

**H:** Energía que incide sobre un  $\text{m}^2$  de superficie horizontal en un día medio de cada mes en MJ.

**0,94:** Multiplicarlo por la energía total teórica para obtener el valor efectivo de la energía útil o aprovechable.

Para poder asignar los valores del factor de corrección “k” debemos de calcular primeramente los valores de orientación del edificio para saber la orientación de los colectores solares y según esta calcularemos la inclinación máxima y mínima de las placas.

- inclinación máxima = inclinación ( $\varphi = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$  - latitud);
- inclinación mínima = inclinación ( $\varphi = 41^\circ$ ) – ( $41^\circ$ -latitud); siendo  $5^\circ$  su valor mínimo.

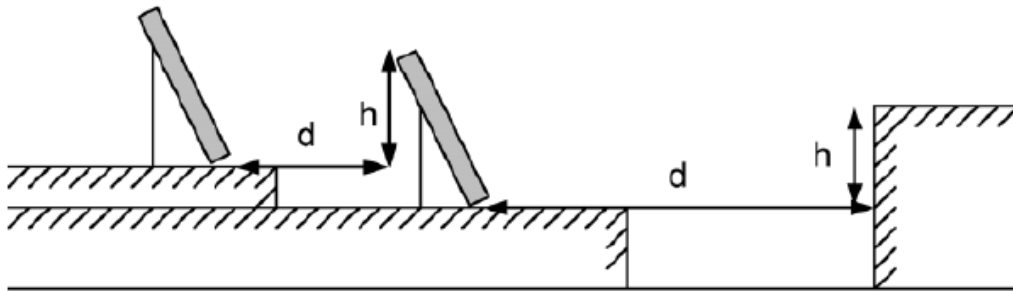


*Evaluación de  
 pérdidas por  
 Inclinación y  
 Orientación*

La inclinación y orientación elegida, es por la mayor radiación incidente sobre el captador. Después de comparar varias inclinaciones y orientaciones con el Método F-Chart y teniendo en cuenta el CTE, que nos pide lograr un porcentaje de 95% - 100% con una inclinación entre 36-26 grados de inclinación, nuestro caso la elección ha sido una inclinación de 35° y orientación sur (0).

Por otro lado, las filas de colectores se dispondrán de forma que las primeras no proyecten sombras sobre las siguientes. La distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo de altura  $h$ , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia  $d$  será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$



$$h=1,26$$

$$\text{Latitud} = 42,47^\circ$$

$$d = \frac{1,26}{(61 - 42,47)} = 3,75 \text{ m}$$

La distancia mínima entre los bloque de colectores será de 3,75.

Mes	H (MJ)	factor corrección k	valor efectivo	Energía total teórica E (MJ)
Enero	5,6	1,35	0,94	7,1
Febrero	8,8	1,27	0,94	10,5
Marzo	12,8	1,18	0,94	14,2
Abril	16	1,08	0,94	16,2
Mayo	19,3	1,01	0,94	18,3
Junio	22,4	0,99	0,94	20,8
Julio	23,7	1,02	0,94	22,7
Agosto	21,3	1,09	0,94	21,8
Septiembre	16,2	1,21	0,94	18,4
Octubre	10,7	1,35	0,94	13,6
Noviembre	6,7	1,44	0,94	9,1
Diciembre	4,9	1,42	0,94	6,5

## 2.6. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL COLECTOR

El rendimiento de un colector se calcula con los siguientes parámetros:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{I} - k_2 \frac{\Delta T}{I}$$

$\eta$  = Rendimiento (eficiencia).

$\eta_0$  = Factor de eficiencia máxima del captador. Cuando el colector no pierde calor hacia el entorno sólo son determinantes para la eficiencia las pérdidas ópticas. La diferencia entre la temperatura media del fluido y la temperatura ambiente es cero. La transparencia de la placa de vidrio y el grado de absorción de la capa selectiva determinan la eficiencia. Por esta razón se habla también de eficiencia óptica.

$k_1$ =Coeficiente de pérdida térmica lineal [W/m<sup>2</sup>K]. Describe las pérdidas térmicas lineales referidas a la superficie y a la diferencia de temperaturas.



**k<sub>2</sub>**= Coeficiente de pérdida térmica cuadrático [W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>]. A las pérdidas térmicas lineales se les añade una componente cuadrática. El coeficiente cuadrático expresa la curvatura de la curva de eficiencia definitiva, sin considerar las pérdidas térmicas lineales debidas a la radiación.

**ΔT**= Diferencial de temperatura, entre t<sup>a</sup> media de trabajo del colector (fluido calo portador) y la t<sup>a</sup> media ambiente.

**I** = Intensidad de radiación [W/m<sup>2</sup>]. Expresa la potencia por unidad de superficie y se calcula dividiendo la energía útil diaria entre la cantidad de horas de sol.); I=E (J)/nº horas de sol útiles (seg)

En nuestro caso el colector elegido es el ChromagerCR-12S-8. Siendo estos sus parámetros, sacados de los datos técnicos del fabricante:

η<sub>0</sub> = 80.8 %; k<sub>1</sub> = 3,20; k<sub>2</sub> = 0,010

$$\eta = 0,8080 - 3,20 \cdot \frac{T^a_m - T^a_a}{I} - 0,010 \cdot \frac{T^a_m - T^a_a}{I}$$

Mes	T <sup>a</sup> ambiente media (°C)	Energía teórica E (MJ)	Nº horas de sol útiles	Nº horas de sol útiles (s)	Radiación (W/m <sup>2</sup> )
Enero	7	7,1	9,3	28800	246,8
Febrero	7	10,5	10,4	32400	324,2
Marzo	11	14,2	11,7	32400	438,2
Abril	13	16,2	13,3	34200	474,9
Mayo	16	18,3	14,4	34200	535,8
Junio	20	20,8	15,0	34200	609,5
Julio	22	22,7	14,7	34200	664,4
Agosto	23	21,8	13,7	34200	638,1
Septiembre	20	18,4	12,2	32400	568,7
Octubre	15	13,6	10,7	32400	419,1
Noviembre	10	9,1	9,6	28800	314,9
Diciembre	8	6,5	9,0	27000	242,2

## 2.7. ENERGÍA NETA DISPONIBLE POR M<sup>2</sup> DE PANEL.

La energía que teóricamente se obtiene en los colectores solares se ve reducida por factores inevitables tales como conducción, acumulación, paso por el intercambiador etc. Por ello, se recomienda estimar unas pérdidas globales del 15% que se aplican a la aportación solar.

Mes	Energía total teórica E (MJ)	η (%)	Aportación solar por m <sup>2</sup>	Reducción pérdidas 15%	Energía neta por m <sup>2</sup> de panel (MJ)
Enero	7,1	71,96	2,466	2,096	134,6
Febrero	10,5	72,23	4,2133	3,5814	180,5
Marzo	14,2	72,62	8,2912	7,047	271,7
Abril	16,2	72,82	9,0316	7,6768	300,8
Mayo	18,3	72,89	10,324	8,775	351,5
Junio	20,8	72,97	11,475	9,754	387
Julio	22,7	72,96	13,0627	11,1033	436,4
Agosto	21,8	72,89	12,361	10,5068	418,7
Septiembre	18,4	72,82	12,4666	10,5966	341,7
Octubre	13,6	72,6	7,8597	6,6893	260,2
Noviembre	9,1	72,37	4,0105	3,409	167,9
Diciembre	6,5	72,06	2,3939	2,0349	123,4
				Anual	<b>3374,4</b>

## 2.8. SUPERFICIE COLECTORA NECESARIA.

Para conseguir la superficie necesaria de paneles solares se realiza dividiendo las necesidades energéticas en MJ entre la energía neta anual por m<sup>2</sup> de panel también en MJ.

$$Scaptacion = \frac{E_{ACS} \text{ solar anual}}{E_{ef} \text{ sistema}}$$

*EACS solar anual:* Energía anual producida por la instalación solar térmica (256844.37 MJ).

*Eef.Sistema:* Energía efectiva anual aprovechada por el sistema (3374.4 MJ)

$$\text{Superficie colectora necesaria} = \frac{256844.37}{3374.4} = 76,1155 \text{ m}^2$$

Para calcular el número de paneles solares que se requieren para la instalación se divide el área total necesaria entre el área de absorción de cada panel:

$$N_{\text{captadores}} = \frac{S_{\text{captacion}}}{S_{\text{util captador}}}$$

Nº de paneles =  $76,12/2,46 \rightarrow 30,94 \approx 30$  paneles solares CHROMAGEN CR-12S-8

$30 \times 2,46 = 76,26 \text{ m}^2$  de superficie colectora

Mes	Energía neta por m <sup>2</sup> de panel (MJ)	Energía aportada colectores (MJ)	necesidades energéticas (MJ)	% sustitución	% Exceso
Enero	134,6	10264,596	27477,95	37,4	-
Febrero	180,5	13764,93	28334,6	48,6	-
Marzo	271,7	20719,842	21331,86	97,1	-
Abril	300,8	22939,008	29375,25	78,1	-
Mayo	351,5	26805,39	28100,62	95,4	-
Junio	387	29512,62	17952,92	164,4	64,4
Julio	436,4	33279,864			
Agosto	418,7	31930,062	6027,84	529,7	429,7
Septiembre	341,7	26058,042	20090,92	129,7	29,7
Octubre	260,2	19842,852	30474,08	65,1	-
Noviembre	167,9	12804,054	25979,15	49,3	-
Diciembre	123,4	9410,484	21699,18	43,4	-

Tal y como regula el CTE, la aportación solar mínima para ACS para nuestra zona climática, que es la II, y teniendo en cuenta el consumo máximo por día, que será cualquier sábado, siendo de 6000 litros /día, la aportación mínima será del 30%.

$$37,4+48,6+97,1+78,1+95,4+164,4+129,7+65,1+49,3+43,4=$$

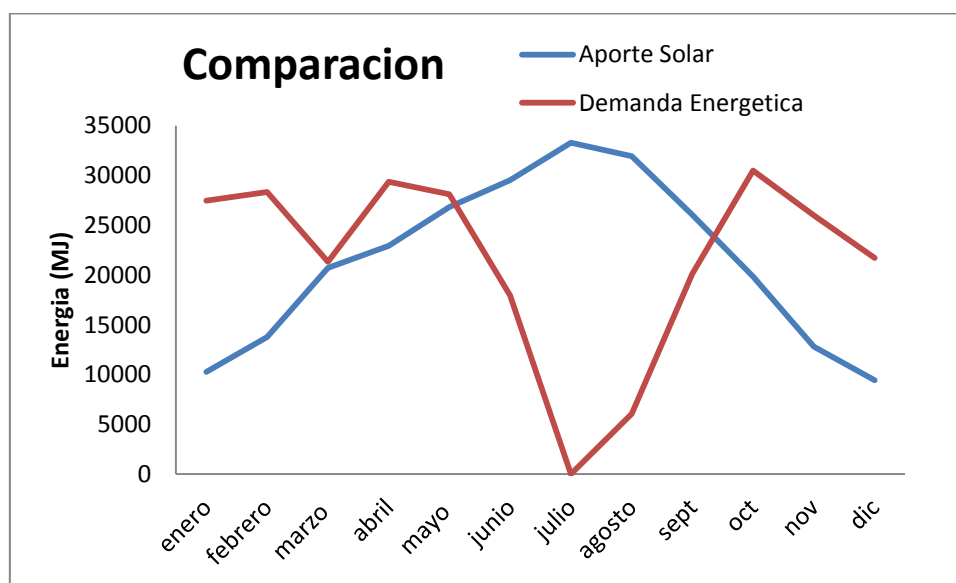
$$809/10 = \mathbf{80,9\%}$$

En nuestro caso la media de todos los porcentajes de sustitución, excluyendo los meses de Julio y Agosto, que la demanda energética en estos meses es muy pequeña comparándola con la energía aportada por los colectores, será de 80,9%.

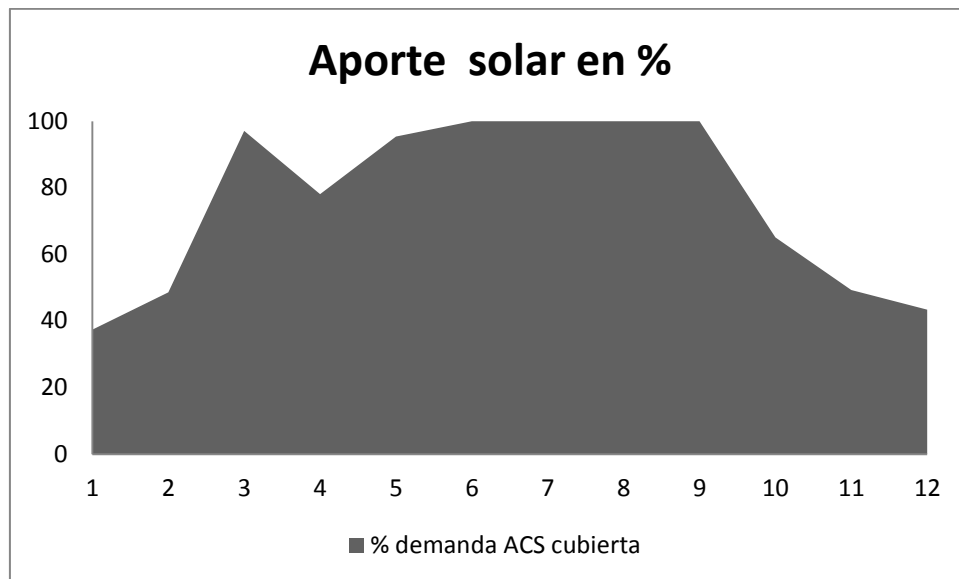
Para estos casos habrá que disponer a la instalación la posibilidad de disipar dichos excedentes a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario. En el momento que el exceso de energía térmica exceda se podrá tapar el campo de colectores.

## 2.9. GRAFICAS

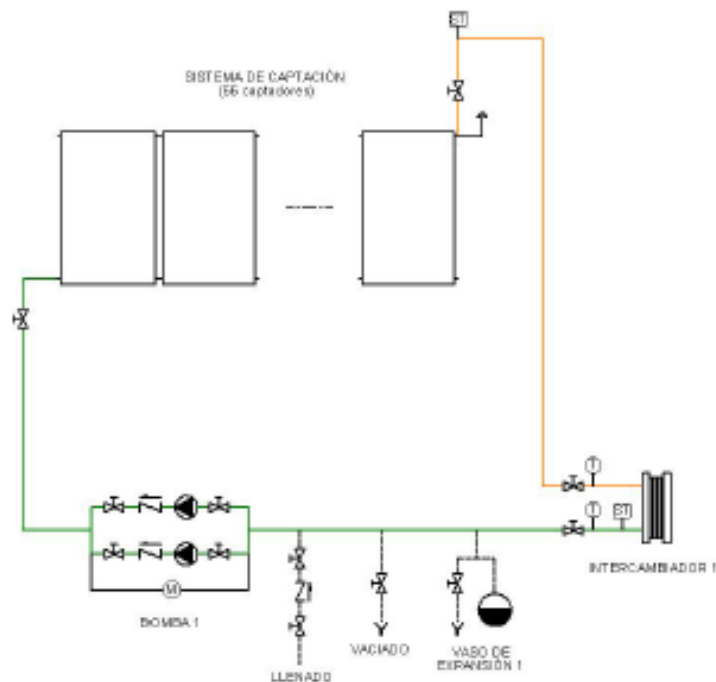
En esta grafica se puede observar la comparación entre el aporte solar y la demanda energética mensual.



En esta gráfica se observa la demanda de ACS cubierta por los colectores solares.



### 3. CIRCUITO SOLAR PRIMARIO



### 3.1. SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR.

Dependiendo de la temperatura mínima histórica de la provincia de Navarra, que en este caso es de  $-16^{\circ}\text{C}$  por lo que nuestra instalación debe de estar preparada para soportar temperaturas hasta de  $-21^{\circ}\text{C}$  (el proveedor recomienda  $5^{\circ}$  menos que la mínima histórica). Para soportar esta temperatura la concentración en peso del propilenglicol será una relación de 50% anticongelante y de agua.

Este anticongelante es el que circula por el circuito primario solar que circula por los paneles y el intercambiador de placas.

El propilenglicol ZISS073 es un fluido que aconsejan los fabricantes de los colectores solares Chromagen y adecuado para instalaciones solares de este tipo. Sus propiedades son:

- Previene daños en el circuito de congelación.
- Eleva el punto de ebullición reduciendo los problemas de sobrecalentamiento.
- Previene corrosión.
  - Evita los depósitos en el circuito de refrigeración
  - Es biodegradable.
- No tóxico.

### 3.2. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.

#### 3.2.1. MATERIAL

El material empleado para las conducciones será el cobre, ampliamente utilizado en instalaciones de todo tipo, y el más aconsejable para instalaciones de energía solar, por ser técnicamente idóneo y económicamente competitivo. Los puntos a favor y en contra del cobre para instalaciones térmicas son los siguientes:

- *Ventajas:* Coeficiente bajo de dilatación, facilidad de trabajo, económico, gran variedad de figuras y accesorios en el mercado.
- *Inconvenientes:* Transmisión térmica elevada, uniones por soldadura mediante aleaciones, incompatibilidad con tuberías metálicas, corrosión galvánica.

Hay que tener en cuenta que en determinadas ocasiones la temperatura de circulación del fluido, puede llegar a temperaturas elevadas, hecho que producirá esfuerzos considerables sobre las tuberías y sus fijaciones debido a las dilataciones, además de acelerarse cualquier proceso de calcificación y corrosión. Así pues, las dilataciones a las que están sometidas las tuberías al

aumentar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, donde se concentran los esfuerzos de dilatación y contracción, que suelen ser las uniones entre tuberías y equipos. En los tramos donde son frecuentes los cambios de dirección, como el ramal de alimentación de los colectores, son las propias curvas las que absorberán las dilataciones existentes, evitando la utilización de fijaciones.

### 3.2.2. CAUDAL DEL FLUIDO

Para conocer el diámetro de las tuberías es preciso saber primero el caudal de fluido que va a circular por él. El caudal idóneo con el que mejor rendimiento se tiene en los colectores según Chromagen CR-12S8 es 45l/h por m<sup>2</sup> de panel solar. No hay más que multiplicar ese caudal por los m<sup>2</sup> de paneles que tenemos para conocer el caudal global del circuito.

$$45 \frac{\text{l/h}}{\text{m}^2} * 76,26 \text{ m}^2 = 3431,7 \rightarrow 3,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Conocido el caudal, hay que determinar ahora los diámetros de las tuberías de manera que la instalación funcione correctamente. No se puede superar la velocidad de 2m/s en las tuberías por motivos de ruidos y vibraciones y se recomienda, que la pérdida de carga no exceda de los 0,04m.c.a. (400Pa) por metro lineal de tubo.

Los diámetros se escogen del diagrama para tuberías de cobre en función de los parámetros más importantes: diámetro, velocidad y caudal.

Teniendo en cuenta los diámetros comerciales:

Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor pared (mm)
12	10	1
15	13	1
18	16	1
22	20	1
28	25	1,5
35	32	1,5
42	39	1,5
54	52	2

Como antes hemos comentado, los conductos serán de cobre debido a las buenas propiedades de este material. A partir del caudal calculado para los diversos tramos y de la velocidad máxima antes comentada, se puede calcular el diámetro teórico para todos los tramos de la red del circuito.

$$S = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right)}{V_{max} \left( \frac{m}{s} \right)}$$

$$S = \frac{\pi * D(mm)}{4}$$

Tramo	Q (m³/h)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)
<b>A-B</b>	3,5	42	1,2	0,85	160
<b>B-C</b>	2,1	35	1	0,6	110
<b>C-D</b>	1,4	28	1	0,65	170
<b>D-E</b>	0,7	22	1	0,55	170
<b>B-F</b>	2,0	35	1	0,6	110
<b>F-G</b>	1,3	28	1	0,65	170
<b>G-H</b>	0,6	22	1	0,5	150

### 3.3. ELECCION DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

El intercambiador de calor es el elemento de la instalación encargado de transferir el calor generado en los captadores solares al agua del depósito mediante el movimiento forzado del fluido caloportador sin que exista mezcla



entre los dos fluidos, es decir, con separación física del fluido que circula por el circuito primario del que lo hace por el circuito secundario.

Las características mínimas de diseño que debe cumplir el intercambiador para un sistema solar térmico son:

- Salto térmico máximo en el primario de 15°C a la máxima potencia de captación.
- Presión de trabajo mínima: la de las válvulas de seguridad.
- Temperatura de trabajo de 110°C.
- Materiales compatibles con los fluidos de trabajo y las tuberías.

En el presente proyecto, al tratarse de una instalación solar térmica considerable, se recomienda la utilización de un intercambiador externo ubicado fuera de los depósitos de acumulación, ya que los parámetros característicos del intercambio serán mejores, y porque la inversión necesaria para estos elementos externos es asumible para tales dimensiones. Para la selección del intercambiador más adecuado, la normativa aplicable establece que la potencia del intercambiador en W debe ser superior a 500 veces la superficie de captación en m<sup>2</sup>:

$$P \geq 500 \cdot A$$

**A:** Área de captación (m<sup>2</sup>) = 76.26 m<sup>2</sup>

**P:** Potencia del intercambiador

$$P \geq 500 \cdot 76.26 = \mathbf{38130 \text{ W}}$$

$$P \geq 38130 \cdot \frac{1 \frac{\text{cal}}{\text{s}}}{4.184 \text{ W}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ kcal}}{1000 \text{ cal}} = \mathbf{32807.8 \text{ Kcal/h}}$$

El intercambiador es de placas Alfa laval, lo diseña el fabricante en función de las necesidades y características de cada instalación. En las tablas s podemos escoger el modelo que cumple con las características necesarias.

**Alfa laval, Modelo M3 FG** de una potencia de intercambio de 49KW

### 3.4. BOMBA DE CIRCULACIÓN.

Las bombas circuladoras son las encargadas de producir la circulación del fluido en el circuito primario en las instalaciones forzadas. Han de ser resistentes a las temperaturas alcanzadas en el sistema pero para minimizar la

exposición a altas temperaturas y favorecer su durabilidad suelen instalarse en la tubería de ida al campo de captación, en la zona más fría del circuito. Los parámetros empleados para seleccionar la bomba adecuada a cada instalación son el caudal de circulación y la pérdida de carga que hay que superar.

Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas producidas en los colectores solares, en el intercambiador y las pérdidas de tramos rectos y accesorios de las tuberías.

Si vamos a las guías técnicas del IDAE, más concretamente la guía para instalaciones de agua caliente central, comprobamos una serie de recomendaciones y referencias al apartado 4 del HS4, que son:

- El caudal de recirculación de ACS se calculará de manera que en el grifo más alejado la diferencia de temperatura no supere los 3 °C desde la salida del acumulador o intercambiador en su caso.
- En cualquier caso NO se recircularán menos de 250 l/h en cada columna, y no menos del 10% del caudal máximo instantáneo en el total de la recirculación.
- En la Tabla se muestran los diámetros mínimos requeridos en el documento HS4 para los circuitos de recirculación, en función del caudal de cada ramal.
- El diámetro interior mínimo de la tubería de recirculación será de 16 mm.

#### **3.4.1. PERDIDAS POR ALTURA**

En nuestro caso no habrá que tener en cuenta estas pérdidas, ya que nuestra instalación es cerrada.

#### **3.4.2. PÉRDIDA DE CARGA EN LOS COLECTORES.**

La pérdida de carga de nuestros colectores Chromagen CR-12S-8 es de 200mbar. La colocación de los colectores se ha realizado en paralelo con lo que la pérdidas de carga en su totalidad es la misma que si solamente habría una.

Pérdida de carga  $\rightarrow$  200 mbar  $\rightarrow$  2,04 m.c.a.

### 3.4.3. PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR.

La pérdida de carga que tiene el intercambiador Alfa laval M3 FG con una potencia de 49 kw es de 0.51 m.c.a. Según las especificaciones de la ficha técnica. Pérdida de carga en tramos rectos y accesorios de las tuberías.

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200Pa/m y 50Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

Hay que tener en cuenta que el fluido caloportador no es agua, por lo que los datos de pérdida de carga por rozamiento deben multiplicarse por un factor de corrección.

$$\text{Factor} = \sqrt[4]{\frac{\text{viscosidad delamezcla}}{\text{viscosidad del agua}}} = \sqrt[4]{\frac{2,01}{0,8279}} = 1,248$$

#### Tramos rectos:

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías.

Tramo	Q (m³/h)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
<b>A-B</b>	3,5	42	160	44,2	7073,6
<b>B-F</b>	2,0	35	110	14	1540
<b>F-G</b>	1,3	28	170	21	3570
<b>G-H</b>	0,6	22	150	21	3570
TOTAL					<b>15753,6</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow$  15753,6 Pa  $\rightarrow$  1,57m.c.a.

#### Accesorios:

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

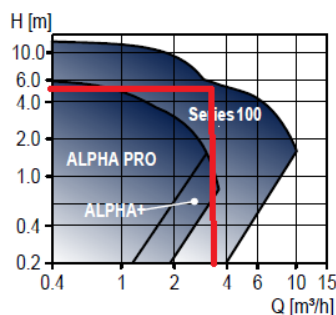
Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida carga (mm.c.a.)	Suma pérdida carga (mm.c.a.)
42	5 válvulas	0,46	2,3
	1 Antiretorno	1,6	1,6
	10 curvas 90°	1,02	10,2
	2 T	0,52	1,04
35	3 válvulas	0,37	1,11
	6 curvas 90°	0,87	5,22
	2 T	0,42	0,84
28	3 válvulas	0,31	2,8
	6 curvas 90°	0,71	1,92
	2 T	0,34	1
22	3 válvulas	0,23	0,69
	6 curvas 90°	0,49	2,94
	Total		<b>31,66</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 31,66 \text{ mm.c.a.} \rightarrow 0,0317 \text{ m.c.a.}$

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba contando con las perdidas por altura es:

$$(2,04 + 0,51 + 1,61 + 0,0317) * 1,248 = \mathbf{5,23 \text{ m.c.a.}}$$

Se escoge la bomba **Grundfos UP Serie 100**. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente cuando la otra esté parada.



### 3.5. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

El vaso de expansión es uno de los elementos que asegura el correcto funcionamiento de la instalación. Consiste básicamente en un depósito que contrarresta las variaciones de volumen y presión que se producen en un circuito cerrado cuando el fluido aumenta o disminuye de temperatura. Cuando el fluido que circula por el circuito cerrado aumenta de temperatura se dilata, aumenta de volumen y llena el vaso de expansión. Cuando la temperatura desciende el fluido se contrae saliendo del vaso de expansión para volver al circuito.

La capacidad necesaria del vaso de expansión depende de la capacidad total del circuito, de la temperatura del agua y de la presión a la que se trabaja:

$$V_t = V_{inst} * C_e * C_p$$

Donde:

$V_t$  = Capacidad total del circuito primario.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del fluido caloportador, siendo  $C_e = 0,043$

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas, siendo  $C_p = \frac{1}{1 - \frac{P_m}{P_M}}$ ;  $C_p = 1,455$

$P_m$  = Presión mínima de funcionamiento, 2,5 bar

$P_M$  = Presión máxima de funcionamiento, 8 bar

Tamos	Diámetro(mm)	Sección(m)	Longitud(m)	Volumen(l)
<b>A-B</b>	42	$1,38 \cdot 10^{-4}$	44,22	61,26
<b>B-C</b>	35	$9,62 \cdot 10^{-4}$	4,8	4,62
<b>C-D</b>	28	$6,15 \cdot 10^{-4}$	21	12,93
<b>D-E</b>	22	$3,8 \cdot 10^{-4}$	21	7,98

<b>B-F</b>	35	$9,62 \cdot 10^{-4}$	14	13,47
<b>F-G</b>	28	$6,15 \cdot 10^{-4}$	21	12,93
<b>G-H</b>	22	$3,8 \cdot 10^{-4}$	21	7,98
	Total			<b>121,17</b>

El volumen total será la suma del volumen de los colectores mas la suma del fluido en las tuberías.

- Volumen en los colectores:  $1,7 \cdot 31 = \mathbf{52,7 \text{ litros}}$
- Volumen de fluido en el intercambiador: **10 litros**
- Volumen en tuberías: **121.17 litros**

Haciendo la suma nos da un volumen total en el circuito primario de:

$$52.7 + 10 + 121,17 = \mathbf{183.9 \text{ litros}}$$

Aplicando la formula anterior que esta sacada de la norma UNE 100155 2004 para vasos de expansión cerrados, nos dará el siguiente volumen de vaso de expansión:

$$V_t = 183.9 \cdot 0,043 \cdot 1,455 = \mathbf{11.5 \text{ litros}}$$

### Serie AMR con membrana recambiable

· Temperatura -10°C + 100°C. Precarga 1,5 bar

#### Modelos sin patas 8-10-16 BAR

Referencia	Modelo	Capac. (l.)	Prs.máx bar	D x H	Conexión	P.V.P €
250AMR008	8 AMR	8	10 bar	200 x 350	1"	<b>32,16</b>
250AMR015	15 AMR	15		270 x 320		<b>37,34</b>
250AMR20	20 AMR	20		270 x 425		<b>40,46</b>
250AMRE2520	24 AMR-E	24	8 bar	350 x 390	3/4"	<b>50,17</b>
250AMRE2525					1"	
250AMR035	35 AMR	35	10 bar	360 x 485	1"	<b>71,68</b>
250AMR0050	50 AMR	50		360 x 620		<b>112,28</b>
250AMR005016	50 AMR	50	16 bar	360 x 620		<b>252,95</b>



El vaso de expansión seleccionado será el modelo **20 AMR** de 10 bar con una capacidad nominal de 20 l, del suministrador Ibaiondo, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6 - 10% del volumen de agua del circuito.

### 3.6. DISPOSITIVO DE SEGURIDAD FRENTE A LOS COLECTORES

El Código Técnico de edificación en el apartado HE4.3.2.2.3.1 y la NORMA UNE EN 12828 prescriben disponer de elementos automáticos o manuales contra el sobrecalentamiento y, a no sobrepasar una temperatura de 105°C. Los disipadores de temperatura por gravedad cumplen con fiabilidad total, las exigencias del código técnico de la edificación, HE4 apartado 3.2.2.3.1. Dimensionado del disipador de temperatura por gravedad: El número de tubos del disipador por gravedad se obtiene del producto de los m<sup>2</sup> de captación solar y el coeficiente de la zona donde se va a instalar.

En nuestro caso disponemos de personal de mantenimiento en el edificio y en el momento que los colectores tengan temperaturas de riesgo se procederá a tapar los colectores manualmente evitando que la temperatura se eleve.

## 4. CIRCUITO SOLAR SECUNDARIO

### 4.1. INTRODUCCION

Este circuito absorbe el calor del circuito solar a través del intercambiador. Aquí, el agua de red que llega se calienta todo lo posible antes de pasar al 2º acumulador donde alcanzara la temperatura de 60°C, para pasar después a los puntos de consumo.

### 4.2. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.

Los diámetros de las tuberías se calculan a partir de los caudales que circulan. El caudal global nos lo da el intercambiador como resultado de su diseño para las condiciones de trabajo que necesitamos (3.5m<sup>3</sup>/h).

Se determina ahora el diámetro de las tuberías de manera que la instalación funcione correctamente. No se puede superar la velocidad de 2m/s en las tuberías por motivos de ruidos y vibraciones y la pérdida de carga no debe exceder de los 0,04 m.c.a. (400Pa) por metro lineal de tubo recomendándose una pérdida entorno a los 0,02 m.c.a.

Las tuberías son de cobre por el buen comportamiento que tienen en instalaciones de A.C.S.

Tramo	Q (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)
Intercambiador - acumulador	3.5	42	1,2	0,85

### 4.3. BOMBA DE CIRCULACIÓN.

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

Esa pérdida de carga es el resultado de sumar las pérdidas producidas en el intercambiador y las pérdidas de tramos rectos y accesorios de las tuberías. En los acumuladores la pérdida es cero porque no tienen intercambiador incorporado, solo acumulan A.C.S.

## 6. PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR.

**Alfa laval, Modelo M3 FG** de una potencia de intercambio de 49KW de potencia para la instalación solar, con una pérdida de carga es de 0,51.

Pérdida de carga → 0.51 m.c.a.

### – PÉRDIDA DE CARGA EN TRAMOS RECTOS Y ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS.

Tramos rectos:

Q (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
4	42	160	3	480

Pérdida de carga → 480 Pa → 0,05m.c.a.



El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvula de seguridad y válvula de equilibrado.

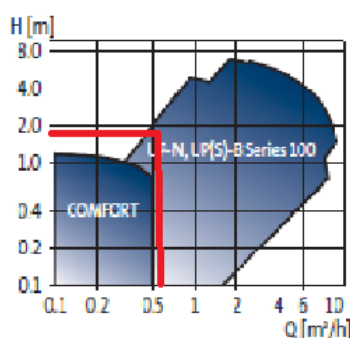
Accesorios:

Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
42	9 válvulas	0,46	4,14
	1 Anti-retorno	1,6	1,6
	10 curvas 90°	1,02	10,2

Pérdida de carga  $\rightarrow 15,94 \text{ mm.c.a.} \rightarrow 0,016 \text{ m.c.a.}$

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es

$0.51 \text{ m.c.a.} + 0,05 \text{ m.c.a.} + 0,016 \text{ m.c.a.} = \mathbf{0.57 \text{ m.c.a.}}$



Se escoge la bomba **Grundfos UP(S)-B Series 100**, según la gráfica, es capaz de llevar el caudal deseado y superar las pérdidas de las tubería. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente, como en el caso anterior.

#### 4.4. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

Al igual que en el circuito solar, aquí también es necesaria la presencia de un vaso de expansión como prevención aunque no sea un circuito cerrado del todo. Este debe ser cerrado y capaz de soportar la presión del aumento de volumen que sufre el fluido con las altas temperaturas.

La expresión para el dimensionamiento del vaso de expansión cerrado para una instalación de agua caliente es la siguiente:

$$V_t = V_{inst} * C_e * C_p$$

Donde:

$V_t$  = Capacidad total del circuito primario.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del fluido caloportador, siendo  $C_e = 0,043$

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas, siendo  $C_p = \frac{1}{1 - \frac{P_m}{P_M}}$  ;  $C_p = 1,37$

$P_m$  = Presión mínima de funcionamiento, 1 bar

$P_M$  = Presión máxima de funcionamiento,  $P_M = 0,9 * P_{vs} + 1 = 3,7$  bar

El volumen total será la suma del volumen de los colectores mas la suma del fluido en las tuberías.

- Volumen en los acumuladores: **3000 litros**
- Volumen de fluido en el intercambiador: **10 litros**
- Volumen en tuberías: **1,38 litros**

Haciendo la suma nos da un volumen total en el circuito primario de:

$$3000 + 10 + 1,38 = 3011,38 \text{ litros}$$

Aplicando la formula anterior que esta sacada de la norma UNE 100155 para vasos de expansión cerrados, nos dará el siguiente volumen de vaso de expansión:

$$V_t = 3011,38 * 0,043 * 1,37 = \mathbf{177,4 \text{ litros}}$$

Así pues, el vaso de expansión seleccionado es de la casa Ibaiondo del modelo **200 AMR-890**. Este tendrá una capacidad nominal de 200 litros, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6-10% del volumen de agua del circuito.

#### 4.5. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.

Este viene determinado por el CTE y que exige cumplir la condición de la siguiente expresión:

$$A = 76.12$$

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \rightarrow 3806 < V < 13701$$

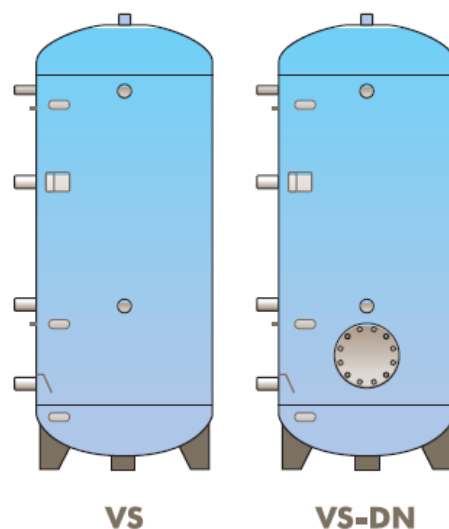
Siendo:

V: El volumen de acumulación solar en litros.

A: La superficie captadora de la instalación solar en m<sup>2</sup>.

Se han elegido 2 acumuladores de 3000 litros cada uno de la casa Solaris, el modelo es **SOLARIS VS 3000** destinada a la acumulación de A.C.S. El total son 6000 litros, dentro de los parámetros de la normativa del CTE.

La colocación de los depósitos acumuladores será en serie, para minimizar el riesgo de desarrollo de legionelosis, reducir el volumen de mezcla y para mejorar la estratificación en los depósitos.



ACUMULADOR SOLARIS VS DN		3000 LITROS
Capacidad	l.	2959
Aislamiento PU Flexible ó Rígido	mm.	100
Altura total con aislamiento	mm.	2700
Altura total en diagonal	mm.	2780
Acumulador con aislamiento 100 mm. flexible Ø	mm.	1450
Nº de bridas	-	3
Boca de hombre Ø	mm.	480/400
Peso en vacío	kg.	535
Presión máxima de servicio del circuito de ACS	bar	6
Presión máxima de servicio del intercambiador	bar	6
Temperatura máxima de utilización	°C	90*

## 5. INSTALACIÓN CONVENCIONAL DE A.C.S.

### 5.1. INTRODUCCIÓN.

El sistema solar que se ha propuesto no cubre toda la demanda de energía térmica para ACS de la instalación del polideportivo. Esto obliga a no poder prescindir del sistema de calderas convencional.

Se debe tener en cuenta que la producción anual del sistema solar estará en torno al 75%. Esto no significa que el sistema auxiliar deba dimensionarse para aportar el 25% restante; sino que habrá que prever que el comportamiento medio mensual que se ha empleado para el cálculo no será la constante durante todo el mes. Así, habrá días de Diciembre, por ejemplo, en los que el aporte solar será nulo, y satisfacer la demanda térmica en esos días supone disponer de un sistema capaz de hacerlo sin aporte solar alguno. Por tanto, tal y como cita la normativa, el sistema de apoyo convencional debe ser capaz de abastecer toda la demanda energética de la instalación.

Puesto que la instalación dispone de caldera de gas natural, se cree conveniente utilizar el sistema existente de producción instantánea de gas para que pueda funcionar completamente independiente en los periodos en los que no sea posible obtener energía del sistema solar.

El gas natural es un combustible económico, cosa que repercutirá en los valores de rentabilidad y tasa de retorno de la instalación. Por otra parte, los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero de este combustible son bajos, dados su alto poder calorífico y el elevado rendimiento de la combustión en las calderas, en torno al 95%.

Este sistema se encarga de calentar el agua del depósito auxiliar mediante un intercambiador de calor. De esta manera se logra alcanzar la temperatura fijada de 60°C, mediante un sistema de regulación que pone o no en funcionamiento la caldera en función de si se ha alcanzado dicha temperatura.

## 5.2. CIRCUITO 1º CONVENCIONAL DE APOYO.

### 5.2.1. CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.

Para el cálculo de las tuberías del circuito convencional, diferenciaremos en dos circuitos: Primario convencional y secundario convencional.

El caudal del circuito primario nos lo da el intercambiador de calor en su hoja técnica del mismo modo que en los demás circuitos.

En nuestro caso será un caudal aproximado de 8 m<sup>3</sup>/h. Con el intercambiador **M6M FM** de la marca **Alfa Laval** con una potencia de 500 kw

Conocido el caudal, se determina el diámetro de la tubería de manera que la instalación funcione correctamente. No se puede superar la velocidad de 2m/s en las tuberías por motivos de ruidos y vibraciones y la pérdida de carga no debe exceder de los 0,04 m.c.a. (400Pa) por metro lineal de tubo recomendándose una pérdida entorno a los 0,02 m.c.a.

El diámetro se escoge del diagrama para tuberías de cobre en función de los parámetros más importantes: diámetro, velocidad y caudal. Se elige el cobre como material adecuado para la instalación por sus propiedades y buen rendimiento.

TRAMOS	Q (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro		Velocidad (m/s)	Perdida de Carga/metro (Pa/m)
		Exterior (mm)	Espesor (mm)		
<b>Circuito primario Convencional</b>	8	54	1,5	1	150

### 5.2.2. CALDERA SELECCIONADA.

#### – POTENCIA DEL SISTEMA DE APOYO

Para el cálculo de la potencia máxima de trabajo de la caldera se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Donde:

Q: Potencia térmica de la caldera [kW]

m: Caudal másico del agua a calentar [kg/s]

C<sub>p</sub>: Calor específico del agua [kJ/kg·°C]

ΔT: Variación de temperatura [°C]

Para dimensionar el sistema de apoyo, teniendo en cuenta que la demanda no es constante a lo largo del día, se ha hecho una estimación de la demanda máxima que puede requerir el polideportivo en hora punta, es decir, en plena ocupación de casi todas las duchas de la instalación. Así pues, teniendo en cuenta que el complejo deportivo cuenta con un total de 52 duchas, los momentos de mayor ocupación durante años atrás a sido de cuatro vestuarios en funcionamiento a la vez. Con un número alrededor de 32 duchas simultáneamente y una persona necesita una media de 30 litros en 10 minutos, se obtiene:

$$m = 32 * \frac{25l}{10min} * \frac{60min}{1h} = 4800 \frac{l}{h}$$

En cuanto a la variación de temperatura, se considera que la temperatura de salida es de 60° y para la temperatura de entrada se utiliza la más baja durante todo el año, que corresponde con la del mes de enero, donde la temperatura de red se estima que se encuentra a 5°C. Para el calor específico se considera 4,184 kJ/kg·°C.

$$Q = 4800 \frac{l}{h} * 1 \frac{kg}{l} * \frac{1h}{3600s} * 4,184 \frac{kJ}{kg * ^\circ C} * (60^\circ C - 5^\circ C) = 306,8KW$$

Así pues, se ha determinado la potencia máxima de trabajo de la caldera sera, de 306,8kW, más la demanda de calefacción de los recintos. El modelo de dicha caldera es **PREXTHERM RSH GN-GP 2S-M (600)** de la marca FERROLI, cuya potencia será de **600 KW.**, de tipo de pie de condensación, y se utiliza tanto para calefacción como para producción de agua caliente sanitaria.

La potencia total será la requerida para satisfacer las necesidades de calefacción y de A.C.S. será la suma de la potencia necesaria para ambas:

$$P = 306,8 + 100,05 = \mathbf{406,85 \text{ KW}}$$

### 5.2.3. BOMBA DE CIRCULACIÓN.

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito y para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en el circuito.

Esa pérdida de carga es la correspondiente a la suma de las pérdidas de carga de la caldera, del intercambiador y de las tuberías y sus accesorios.

#### – **PÉRDIDA DE CARGA DE LA CALDERA.**

La pérdida de carga de la caldera viene en los datos técnicos suministrados por el fabricante Ferrolí.

Pérdida de carga  $\rightarrow$  250mm.c.a  $\rightarrow$  0,25m.c.a.

#### – **PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR.**

El intercambiador **Alfa Laval M6 FM** de potencia indica su pérdida de presión en la hoja técnica.

Pérdida de carga  $\rightarrow$  2 m.c.a.

#### – **PÉRDIDA DE CARGA EN TRAMOS RECTOS Y ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS.**

Tramo recto:

TRAMOS	Díámetro Exterior (mm)	Perdida de Carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Perdida de Carga (Pa)
Circuito primario				

convencional	54	150	4	600
--------------	----	-----	---	-----

Pérdida de carga  $\rightarrow 600\text{Pa} \rightarrow 0,06 \text{ m.c.a.}$

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba la válvula de esfera, válvula de seguridad y válvula de equilibrado del circuito.

Accesorios:

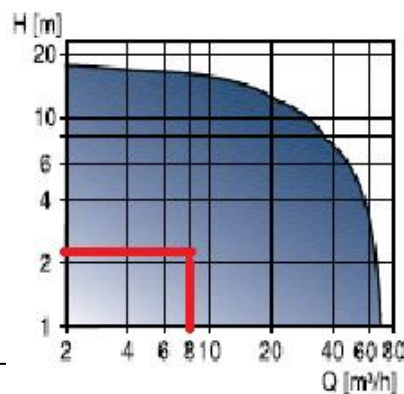
TRAMOS	Diámetro (mm)	Cantidad y tipo de accesorio	Perdida de Carga (mm.c.a.)	Suma perdida de carga (mm.c.a.)
Circuito primario convencional	54	10 válvulas	0,6	6
		1 antiretorno	2,2	2,2
		15 curvas 90°	1,8	27
		3 T	0,63	1,89
		Caldera con valvulería	6	6
	Total			<b>43,09 mm.c.a.</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 43,09 \text{ mm.c.a.} \rightarrow 0,0431 \text{ m.c.a.}$

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es:

$$0,25 + 2 + 0,06 + 0,0431 = \mathbf{2.31 \text{ m.c.a.}}$$

La bomba escogida es la **Grundfos UPS Serie 200**. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente.





#### 5.2.4. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

Al igual que en el circuito solar, aquí también es necesaria la presencia de un vaso de expansión como prevención aunque no sea un circuito cerrado del todo. Este debe ser cerrado y capaz de soportar la presión del aumento de volumen que sufre el fluido con las altas temperaturas.

La expresión para el dimensionamiento del vaso de expansión cerrado para una instalación de agua caliente es la siguiente:

$$V_t = V_{inst} * C_e * C_p$$

Donde:

$V_t$  = Capacidad total del circuito primario.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del fluido caloportador, siendo  $C_e = 0,0227$  a 70°C

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas, siendo  $C_p = \frac{1}{1 - \frac{P_m}{P_M}}$  ;  $C_p = 1,49$

$P_m$  = Presión mínima de funcionamiento, 1 bar

$P_M$  = Presión máxima de funcionamiento,  $P_M = 3$  bar

El volumen total será la suma del volumen de los colectores mas la suma del fluido en las tuberías.

- Volumen en la caldera: **800 litros**
- Volumen de fluido en el intercambiador: **10 litros**
- Volumen en tuberías: **8,5 litros**

Haciendo la suma nos da un volumen total en el circuito primario de:

$$800 + 10 + 8,5 = \mathbf{818.5 \text{ litros}}$$

Aplicando la formula anterior que esta sacada de la norma UNE 100155 para vasos de expansión cerrados, nos dará el siguiente volumen de vaso de expansión:

$$V_t = 818.5 * 0,0227 * 1,49 = \mathbf{27.6 \text{ litros}}$$

El vaso de expansión seleccionado será la **Serie 50 CMF** de la marca **Ibaiondo**. Este tendrá una capacidad nominal de 50 litros, ya que por lo menos

tiene que tener un dimensionamiento entre el 6-10% del volumen de agua del circuito.

### 5.3. CIRCUITO 2º CONVENCIONAL.

#### 5.3.1. CALCULO DE LAS TUBERIAS

El caudal del circuito secundario nos lo da el intercambiador de calor en su hoja técnica del mismo modo que en los demás circuitos.

En nuestro caso será un caudal aproximado de 3,5 m<sup>3</sup>/h.

Conocido el caudal, se determina el diámetro de la tubería de manera que la instalación funcione correctamente. No se puede superar la velocidad de 2m/s en las tuberías por motivos de ruidos y vibraciones y la pérdida de carga no debe exceder de los 0,04 m.c.a. (400Pa) por metro lineal de tubo recomendándose una pérdida entorno a los 0,02 m.c.a.

El diámetro se escoge del diagrama para tuberías de cobre en función de los parámetros más importantes: diámetro, velocidad y caudal. Se elige el cobre como material adecuado para la instalación por sus propiedades y buen rendimiento.

Las tuberías son de cobre por el buen comportamiento que tienen en instalaciones de A.C.S.

TRAMOS	Q (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdida de Carga/metro (Pa/m)
<b>Circuito secundario convencional</b>	3,15	42	1,5	1,2	120

#### 5.3.2. BOMBA DE CIRCULACIÓN.

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito y para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en el circuito.

Esa pérdida de carga es el resultado de sumar las pérdidas producidas en el intercambiador y las pérdidas de tramos rectos y accesorios de las tuberías. En los acumuladores la pérdida es cero porque no tienen intercambiador incorporado, solo acumulan A.C.S.

– **PÉRDIDA DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR.**

El intercambiador **Alfa Laval M6 FM** de 291.5 KW de potencia indica su pérdida de presión en la hoja técnica.

Pérdida de carga  $\rightarrow$  0,61m.c.a.

– **PÉRDIDA DE CARGA EN TRAMOS RECTOS Y ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS.**

Tramo recto:

TRAMOS	Diámetro Exterior (mm)	Pérdida de Carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de Carga (Pa)
<b>Circuito secundario Convencional</b>	42	120	5,2	624

Pérdida de carga  $\rightarrow$  624Pa  $\rightarrow$  0,064 m.c.a.

El término ‘válvulas’ de la tabla siguiente engloba la válvula de esfera, válvula de seguridad y válvula de equilibrado del circuito.

Accesorios:

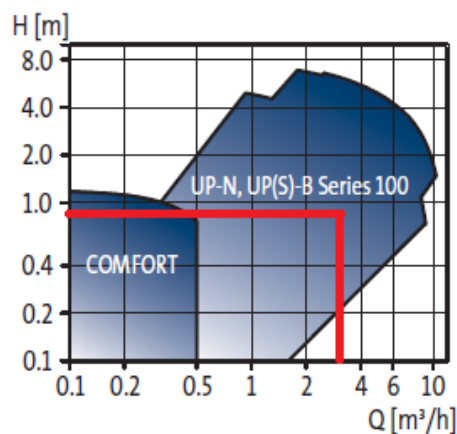
TRAMOS	Diámetro (mm)	Cantidad y tipo de accesorio	Pérdida de Carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
Circuito primario convencional	42	9 válvulas	0,47	4,23
		1 antiretorno	1,6	1,6
		15 curvas 90°	1,05	15,75
		3 T	0,52	1,56
		Total		<b>23,14 mm.c.a.</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 23,14 \text{ mm.c.a.} \rightarrow 0,02314 \text{ m.c.a.}$

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es:

$$0,61 + 0,064 + 0,02314 = \mathbf{0,7 \text{ m.c.a.}}$$

Con el caudal suministrado por el fabricante y sabiendo las pérdidas de carga haremos la elección de la bomba.



Elegimos **Grundfos UP(S)-B Series 100**, por sus condiciones de diseño. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente.

### 5.3.3. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

Es necesaria la presencia de un vaso de expansión cerrado. Este debe ser capaz de soportar la presión del aumento de volumen que sufre el fluido con las altas temperaturas.

La expresión para el dimensionamiento del vaso de expansión cerrado para una instalación de agua caliente es la siguiente:

$$V_t = V_{inst} * C_e * C_p$$

Donde:

$V_t$  = Capacidad total del circuito primario.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del fluido caloportador, siendo  $C_e = 0,0227$  a  $70^\circ\text{C}$

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas, siendo  $C_p = \frac{1}{1 - \frac{P_m}{P_M}}$  ;  $C_p = 1,33$

$P_m$  = Presión mínima de funcionamiento, 1,5 bar

$P_M$  = Presión máxima de funcionamiento,  $P_M = 6$  bar

El volumen total será la suma del volumen de los colectores mas la suma del fluido en las tuberías.

- Volumen en los acumuladores: **3000 litros**
- Volumen de fluido en el intercambiador: **10 litros**
- Volumen en tuberías: **2,29 litros**

Haciendo la suma nos da un volumen total en el circuito primario de:

$3000 + 9 + 2,29 = \mathbf{3011,29}$  litros

Aplicando la formula anterior que esta sacada de la norma UNE 100155:2004 para vasos de expansión cerrados, nos dará el siguiente volumen de vaso de expansión:

$V_t = 3011,29 * 0,0227 * 1,33 = \mathbf{90,9}$  litros

Así pues, el vaso de expansión seleccionado será de la marca Ibaiondo el modelo CMF 140. Este tendrá una capacidad nominal de 140 litros, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6-10% del volumen de agua del circuito.

Peso Kg.	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
7	02035345	35 CMF	35	4	360	480	3/4 "
7,5	02050343	50 CMF	50	4	360	630	3/4 "
16	04080351	80 CMF	80	6	485	570	1 "
18	04100351	100 CMF	100	6	485	650	1 "
24	04140351	140 CMF	140	6	485	935	1 "
36	04200351	200 CMF	200	6	600	860	1 "
44	04250351	250 CMF	250	6	600	1095	1 "



#### 5.3.4. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN.

Con las condiciones de consumos se ha optado por acumular 6000 litros de A.C.S. con el fin de tener un gran volumen de agua preparada a 60°C.

Se eligen dos acumuladores de A.C.S. de 3000 litros de capacidad cada uno de la marca **Solaris vs3000**.

## 6. INSTALACION DE AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE SANITARIA

Para el dimensionado de la red de tuberías que nos distribuirán tanto el agua caliente como el agua fría a las diferentes viviendas que componen el edificio, se ha seguido en todo momento lo citado en el CTE (Documento Básico HS 4, Suministro de agua).

El circuito primario se compone de la red de tuberías y aparatos que hacen posible el transporte del fluido de trabajo desde la salida del colector hasta el retorno del mismo, tras haber cedido la energía calorífica que aportaba al fluido

Las tuberías se dimensionaran de igual manera que las del circuito de calefacción, pero en este caso la velocidad máxima de circulación será de 1,5 m/s.

Las tuberías por las que tanto el agua fría como el agua caliente sanitaria fluirán van a ser de cobre. Los diámetros de las tuberías de conexión de los ramales con los diferentes aparatos están elegidos dependiendo del caudal que necesite cada uno de ellos.

Según las condiciones mínimas de suministro que marca el CTE en la sección HS4, Suministro de Agua, los caudales que necesitara cada aparato y equipos del equipamiento higiénico serán los siguientes:

	<i>Agua fría</i>	<i>Agua caliente</i>
Lavabos .....	0,10 l/s	0,065 l/s
Duchas.....	0,20 l/s	0,1 l/s
Inodoro.....	0,10 l/s	-
Urinario .....	0,04 l/s	-

### – **CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO DE AGUA**

La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la siguiente tabla 2.1 del CTE DB HS 4 salubridad:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría (dm <sup>3</sup> /s)	Caudal instantáneo mínimo de ACS (dm <sup>3</sup> /s)
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinaros con grifo temporizado	0,15	-
Urinaros con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:

- 100 kPa para grifos comunes.
- 150 kPa para fluxores y calentadores.

La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.

La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C. En nuestro caso se ha escogido 60°C

## 6.1. DESCRIPCION DE TRAMOS DE LA INSTALACION DE AGUA FRÍA.

Una vez diseñado el recorrido de la instalación de agua fría debemos de proceder a los cálculos de los diámetros de tuberías. Para ello lo primero que haremos será una descripción no demasiado minuciosa de los tramos de tubería que componen la instalación.

### – PLANTA BAJA

- 1-2: Ramal principal de agua fría
- 2-a: Derivación del ramal principal hasta las 10 duchas del vestuario 1
  - Derivación a cada ducha
- 2-3: Continuación del ramal principal
- 3-b: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 1

- Derivación a cada lavabo
- 3-4: Continuación del ramal principal
- 4-c: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 2
  - Derivación a cada lavabo
- 4-5: Continuación del ramal principal
- 5-d: Derivación del ramal principal hasta las 10 duchas del vestuario 2
  - Derivación a cada ducha
- 5-6: Continuación del ramal principal
- 6-e: Derivación del ramal principal hacia aseos
- e-f: Derivación del ramal de aseos hasta los 2 inodoros de los aseos generales de caballeros
  - Derivación a cada inodoro
- e-g: Continuación del ramal de aseos hasta los 3 inodoros de los aseos generales de señoras
  - Derivación a cada inodoro
- g-h: Continuación del ramal de aseos hasta los 2 lavabos de los aseos generales de señoras
- 6-7: Continuación del ramal principal
- 7-i: Derivación del ramal principal hacia los 3 urinarios de aseos generales de caballeros
  - Derivación a cada urinario
- i-j: Continuación de la derivación hasta lavabo de aseos generales de caballeros
- 7-8: Continuación del ramal principal
- 8-k: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 3
  - Derivación a cada ducha
- 8-9: Continuación del ramal principal
- 9-l: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 3
  - Derivación a cada lavabo
- 9-10: Continuación del ramal principal
- 10-m: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 4
  - Derivación a cada lavabo
- 10-11: Continuación del ramal principal
- 11-n: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 4
  - Derivación a cada ducha
- 11-12: Continuación del ramal principal
- 12-o: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 5
  - Derivación a cada ducha
- 12-13: Continuación del ramal principal
- 13-p: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 5
  - Derivación a cada lavabo



- 13-14: Continuación del ramal principal
- 14-q: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 6
  - Derivación a cada lavabo
- 14-15: Continuación del ramal principal
- 15-r: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 6
  - Derivación a cada ducha

– **PLANTA PRIMERA**

- 1-16: Ramal principal de agua fría que sube hasta la planta primera
- 16-s: Derivación del ramal principal hasta las 6 duchas del vestuario 7
  - Derivación a cada ducha
- 16-17: Continuación del ramal principal
- 17-t: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 7
  - Derivación a cada lavabo
- 17-18: Continuación del ramal principal
- 18-u: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 8
  - Derivación a cada lavabo
- 18-19: Continuación del ramal principal
- 19-v: Derivación del ramal principal hasta las 6 duchas del vestuario 8
  - Derivación a cada ducha
- 19-20: Continuación del ramal principal
- 20-21: Derivación del ramal principal hasta inodoro de aseos planta primera
  - Derivación a inodoro
- 21-22: Continuación del ramal de aseos de planta primera
  - Derivación a inodoro
- 22-23: Continuación del ramal de aseos de planta primera
  - Derivación a ducha
- 23-24: Continuación del ramal de aseos de planta primera hasta lavabo de los aseos
- 20-25: : Derivación del ramal principal hasta urinario de aseos de la planta primera
  - Derivación a urinario
- 25-26: Continuación del ramal de aseos de planta primera hasta lavabos de los aseos
  - Derivación a cada lavabo

### 6.1.1. CALCULOS DE LA INSTALACION DE AGUA FRIA

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías nos basaremos en la ecuación de continuidad que dice que el caudal es igual a la velocidad por la sección:

$$Q = V * S$$

$$\text{Como } S = \pi * D^2/4$$

$$\text{Despejando nos quedaría que: } D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$$

La velocidad la tomaremos como 1,5 m/s, ya que la máxima permitida es 2 m/s, para evitar ruidos y vibraciones molestas en las tuberías.

Con los caudales anteriormente citados para aparatos de agua fría, podremos calcular los diámetros de las tuberías de conexión de los ramales con los diferentes aparatos.

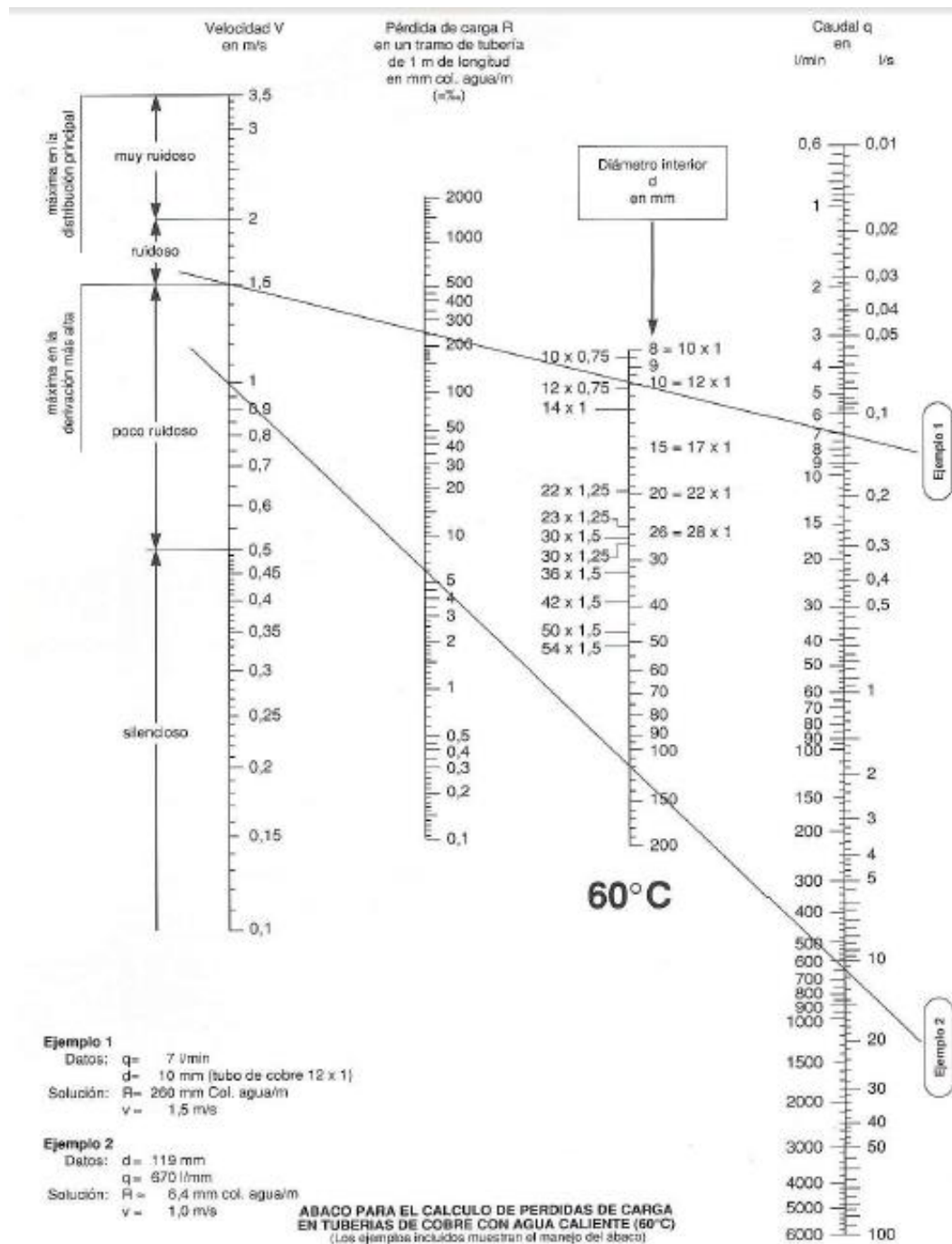
Lo siguiente que habrá que hallar son los diámetros de las tuberías de todos los tramos de la instalación. Para ello se multiplicará el caudal máximo (suma del caudal de todos los aparatos que suministra el tramo de tubería) por el coeficiente de simultaneidad ( $K_p$ ) para obtener el caudal instantáneo y trabajar con él en la fórmula para hallar el diámetro.

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Siendo n el número de aparatos a los que suministra el tramo

Se consigue un diámetro, se elige el diámetro comercial apropiado y con el valor de ese diámetro se calcula la velocidad que llevará el agua en cada tramo de tubería.

Mediante este ábaco calcularemos la pérdida de carga en tubería de cobre con los datos de caudal instantáneo y diámetro de la tubería.



## 6.2.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACION DE AGUA FRIA

En este apartado realizaremos el dimensionamiento de la instalación según el número de elementos que tengan los tramos y la velocidad máxima que le impondremos a las tuberías.

PLANTA BAJA								
TRAMOS	Nº grifos	Q <sub>max</sub> (l/s)	K <sub>p</sub>	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Ø <sub>min</sub> (mm) (v=1,5m/s)	Ø Elegido (mm)	V (m/s)	Perdida de carga/ m (Pa/m)
1-2	75	12,52	0,116	1,45	35,08	42	0,95	190
2-a	10	2	0,33	0,66	23,67	35	0,65	110
Tuberías ducha	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	170
2-3	65	10,52	0,125	1,315	33,41	42	0,95	180
3-b	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	170
Tuberías lavabo	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,35	110
3-4	63	10,32	0,127	1,31	33,35	42	0,95	170
4-c	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	170
Tuberías lavabo	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,35	110
4-5	61	10,12	0,13	1,34	33,74	42	0,95	170
5-d	10	0,2	0,33	0,66	23,67	35	0,65	110
Tuberías ducha	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	170
5-6	51	8,12	0,143	1,16	31,39	42	0,8	150
6-e	7	0,7	0,41	0,286	15,57	28	0,5	100
e-f	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5	170

Tuberías inodoro		5							
	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110	
	e-g	5	0,5	0,5	0,25	14,56	22	0,7	210
	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110	
Tuberías inodoro	g-h	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
Tuberías lavabo	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110	
	6-7	44	7,4 2	0,152	1,12 8	30,94	42	0,7	90
	7-i	4	0,2 2	0,577	0,12 7	10,38	18	0,4 5	150
	1	0,0 4	1	0,04	5,83	12	0,3 5	160	
Tuberías urinario	i-j	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110
Tuberías duchas	7-8	40	7,2	0,16	1,15 3	31,28	42	0,7	90
	8-k	8	1,6	0,378	0,6	22,65	35	0,6 5	120
	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170	
	8-9	32	5,6	0,18	1	29,13	42	0,7 5	150
Tuberías lavabos	9-l	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110	
	9-10	30	5,4	0,185 7	1	29,13	42	0,7 5	150
	10-m	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170

Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110
10-11	28	5,2	0,19	0,98 8	28,95	42	0,7 5	150
11-n	8	1,6	0,378	0,6	22,65	35	0,6 5	120
Tuberías duchas	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
11-12	20	3,6	0,23	0,82	26,47	42	0,5 5	80
12-o	8	1,6	0,378	0,6	22,65	35	0,6 5	120
Tuberías duchas	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
12-13	12	2	0,3	0,6	22,65	35	0,6 5	120
13-p	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110
13-14	10	1,8	0,33	0,6	22,65	35	0,6 5	120
14-q	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170
Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,3 5	110
14-15	8	1,6	0,378	0,6	22,65	35	0,6 5	120
15-r	8	1,6	0,378	0,6	22,65	35	0,6 5	120
Tuberías duchas	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,5 5	170

PLANTA PRIMERA								
TRAMOS	Nº grifos	Q <sub>max</sub> (l/s)	K <sub>p</sub>	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Ø <sub>min</sub> (mm) (v=1,5m/s)	Ø Elegido (mm)	V (m/s)	Perdida de carga/m (Pa/m)
1-16	23	3,54	0,21	0,75	25,31	42	0,6	80
16-s	6	1,2	0,45	0,54	21,41	35	0,6	100
Tuberías duchas	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
16-17	17	2,34	0,25	0,585	22,28	35	0,65	110
17-t	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
17-18	15	2,14	0,27	0,578	22,14	35	0,65	110
18-u	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
18-19	13	1,94	0,29	0,563	21,85	35	0,6	100
19-v	6	1,2	0,45	0,54	21,41	35	0,6	100
Tuberías duchas	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
19-20	9	0,74	0,35	0,26	14,9	22	0,6	200
20-21	4	0,5	0,577	0,289	15,65	28	0,5	100
Tubería inodoro	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
21-22	3	0,4	0,71	0,283	15,49	28	0,5	100
Tubería inodoro	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
22-23	2	0,3	1	0,3	15,95	28	0,5	100
Tubería ducha	1	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
23-24	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
Tubería lavabo	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
20-25	3	0,24	0,71	0,169	12	18	0,6	180

Tubería urinario	1	0,04	1	0,04	5,83	12	0,35	160
25-26	2	0,2	1	0,2	13,03	22	0,55	160
Tuberías lavabos	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120

### 6.2.3. PERDIDAS DE CARGA EN CADA TRAMO.

Una vez calculado las pérdidas de carga ahora multiplicaremos por la longitud de las tuberías, para sacar el total de la pérdida de carga.

PLANTA BAJA					
TRAMOS	$Q_{inst}$ (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-2	1,45	42	190	3,33	632,7
2-a	0,66	35	110	5,10	561
Tuberías ducha	0,2	22	170	0,9*10	1530
2-3	1,315	42	180	0,96	172,8
3-b	0,2	22	170	2,11	358,7
Tuberías lavabo	0,1	18	110	0,2*2	44
3-4	1,31	42	170	0,37	62,9
4-c	0,2	22	170	2,11	358,7
Tuberías lavabo	0,1	18	110	0,2*2	44
4-5	1,34	42	170	0,78	132,6



5-d	0,66	35	110	5,10	561
Tuberías ducha	0,2	22	170	0,9*10	1530
5-6	1,16	42	150	5,53	829,5
6-e	0,286	28	100	0,9	90
e-f	0,2	22	170	3,65	620,5
Tuberías inodoro	0,1	18	110	0,2*2	44
e-g	0,25	22	210	3,65	766,5
Tuberías inodoro	0,1	18	110	0,2*3	66
g-h	0,2	22	170	3,4	578
Tuberías lavabo	0,1	18	110	0,2	22
6-7	1,128	42	90	0,75	67,5
7-i	0,127	18	150	5,64	846
Tuberías urinario	0,04	12	160	0,2*3	96
i-j	0,1	18	110	1,15	126,5
7-8	1,153	42	90	8	720
8-k	0,6	35	120	4,3	516
Tuberías duchas	0,2	22	170	1,25*8	1700
8-9	1	42	150	1,5	225

9-l	0,2	22	170	1	170
Tuberías lavabos	0,1	18	110	0,2*2	44
9-10	1	42	150	0,1	15
10-m	0,2	22	170	1	170
Tuberías lavabos	0,1	18	110	0,2*2	44
10-11	0,988	42	150	1,25	187,5
11-n	0,6	35	120	4,3	516
Tuberías duchas	0,2	22	170	1,25*8	1700
11-12	0,82	42	80	9,6	768
12-o	0,6	35	120	4,3	516
Tuberías duchas	0,2	22	170	1,25*8	1700
12-13	0,6	35	120	1,5	180
13-p	0,2	22	170	1	170
Tuberías lavabos	0,1	18	110	0,2*2	44
13-14	0,6	35	120	0,1	12
14-q	0,2	22	170	1	170
Tuberías lavabos	0,1	18	110	0,2*2	44
14-15	0,6	35	120	1,5	180
15-r	0,6	35	120	4,3	480
Tuberías duchas	0,2	22	170	1,25*8	1700

PLANTA PRIMERA					
TRAMOS	$Q_{inst}$ (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-16	0,75	42	80	17,3	1384
16-s	0,54	35	100	3,3	330
Tuberías duchas	0,2	22	160	1,25*6	1200
16-17	0,585	35	110	1,15	126,5
17-t	0,2	22	160	0,6	96
Tuberías lavabos	0,1	18	120	0,2*2	48
17-18	0,578	35	110	0,3	33
18-u	0,2	22	160	0,6	96
Tuberías lavabos	0,1	18	120	0,2*2	48
18-19	0,563	35	100	1,15	115
19-v	0,54	35	100	3,3	330
Tuberías duchas	0,2	22	160	1,25*6	1200
19-20	0,26	22	200	5,6	1120
20-21	0,289	28	100	1	100
Tubería inodoro	0,1	18	120	0,2	24
21-22	0,283	28	100	1,2	120
Tubería inodoro	0,1	18	120	0,2	24
22-23	0,3	28	100	1,2	120
Tubería ducha	0,2	22	160	0,2	32
23-24	0,1	18	120	1	120
Tubería lavabo	0,1	18	120	0,2	24
20-25	0,169	18	180	1,3	234
Tubería urinario	0,04	12	160	0,2	32

25-26	0,2	22	160	0,9	144
Tuberías lavabos	0,1	18	120	0,2	24

#### **6.2.4. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA FRIA.**

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas por altura, las pérdidas de los tramos rectos y accesorios de las tuberías.

Los puntos más desfavorables son los siguientes:

En la planta baja es desde el acumulador de la sala de calderas hasta el punto r que es la última ducha del vestuario 6. En la planta primera es desde el acumulador de la sala de calderas hasta el punto 24 que es el último lavabo de los aseos.

#### **– PÉRDIDAS DE ALTURA**

En nuestro tramo a estudiar la pérdida de altura será la que hay desde la sala de calderas, en la que está situada la bomba, hasta el falso techo de la planta primera por donde circulara el agua de consumo:

Perdida de altura  $\rightarrow 5,5$  m.c.a.

#### **– PÉRDIDA DE CARGA EN TRAMOS RECTOS Y ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS.**

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200 Pa/m y 50 Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

Tramos rectos:

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías.

TRAMOS	Caudal (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metr o (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-16	0,75	42	80	17,3	1384
16-17	0,585	35	110	1,15	126,5
17-18	0,578	35	110	0,3	33
18-19	0,563	35	200	1,15	115
19-20	0,26	22	200	5,6	1120
20-21	0,289	28	100	1	100
21-22	0,283	28	100	1,2	120
22-23	0,3	28	100	1,2	120
23-24	0,1	18	120	1	120
Tub. lavabo	0,1	18	120	0,2	24
Total					<b>3262</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 3262 \text{ Pa} \rightarrow 0,33 \text{ m.c.a.}$

#### Accesorios:

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
1-16	42	5 curvas 90°	1,04	5,20
		1 T	0,52	0,52
		1 válvula	0,46	0,46
16-17	35	1 T	0,43	0,43
17-18	35	1 T	0,43	0,43
18-19	35	1 T	0,43	0,43
19-20	22	1 T	0,23	0,23
20-21	28	1 curva 90°	0,70	0,70
		1 válvula	0,90	0,90
		1 T	0,34	0,34
21-22	28	1 T	0,34	0,34
22-23	28	1 T	0,34	0,34
23-24	18	1 curva 90°	0,44	0,44
Tub. Lavabo	18	1 válvula	0,54	0,54
		Total		<b>11,3 mm.c.a.</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow$  11,3mm.c.a.  $\rightarrow$  0,0113m.c.a.

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es:

$$5,5 + 0,33 + 0,0113 = \mathbf{5,84m.c.a.}$$

Conociendo el caudal máximo de 3,54 l/s, sabemos que esto nos dará un caudal en m<sup>3</sup>/h de: **12,74 m<sup>3</sup>/h**

Como las pérdidas de carga son en este caso de 5,84 m.c.a. tendremos suficiente presión como para abastecer todos los puntos de consumo, ya que la

presión de red suele estar entre 2 y 4 bar. Por lo cual para el circuito de agua fría no necesitaremos bomba de circulación.

### 6.3. DESCRIPCION DE TRAMOS DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Una vez diseñado el recorrido de la instalación de A.C.S. debemos de proceder a los cálculos de los diámetros de tuberías. Para ello lo primero que haremos será una descripción de los tramos de tubería que componen la instalación.

– **PLANTA BAJA:**

- 1-2: Ramal principal de agua A.C.S.
- 2-a: Derivación del ramal principal hasta las 10 duchas del vestuario 1
  - Derivación a cada ducha
- 2-3: Continuación del ramal principal
- 3-b: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 1
  - Derivación a cada lavabo
- 3-4: Continuación del ramal principal
- 4-c: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 2
  - Derivación a cada lavabo
- 4-5: Continuación del ramal principal
- 5-d: Derivación del ramal principal hasta las 10 duchas del vestuario 2
  - Derivación a cada ducha
- 5-6: Continuación del ramal principal
- 6-h: Derivación del ramal principal hacia lavabos de aseos generales de señoras
  - Derivación a cada lavabo
- 6-7: Continuación del ramal principal

- 7-j: Derivación del ramal principal hacia el lavabo de aseo de caballero
- 7-8: Continuación del ramal principal
- 8-k: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 3
  - Derivación a cada ducha
- 8-9: Continuación del ramal principal
- 9-l: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 3
  - Derivación a cada lavabo
- 9-10: Continuación del ramal principal
- 10-m: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 4
  - Derivación a cada lavabo
- 10-11: Continuación del ramal principal
- 11-n: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 4
  - Derivación a cada ducha
- 11-12: Continuación del ramal principal
- 12-o: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 5
  - Derivación a cada ducha
- 12-13: Continuación del ramal principal
- 13-p: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 5
  - Derivación a cada lavabo
- 13-14: Continuación del ramal principal
- 14-q: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 6
  - Derivación a cada lavabo
- 14-15: Continuación del ramal principal



- 15-r: Derivación del ramal principal hasta las 8 duchas del vestuario 6

– **PLANTA PRIMERA:**

- 1-16: Ramal principal de agua fría que sube hasta la planta primera
- 16-s: Derivación del ramal principal hasta las 6 duchas del vestuario 7
  - Derivación a cada ducha
- 16-17: Continuación del ramal principal
- 17-t: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 7
  - Derivación a cada lavabo
- 17-18: Continuación del ramal principal
- 18-u: Derivación del ramal principal hasta los 2 lavabos del vestuario 8
  - Derivación a cada lavabo
- 18-19: Continuación del ramal principal
- 19-v: Derivación del ramal principal hasta las 6 duchas del vestuario 8
  - Derivación a cada ducha
- 19-20: Continuación del ramal principal
- 20-23: Derivación del ramal principal hasta ducha de aseos planta primera
  - Derivación a ducha
- 23-24: Continuación del ramal de aseos de planta primera hasta lavabo de los aseos
- 20-26: : Derivación del ramal principal hasta lavabo de aseos de la planta primera
  - Derivación a lavabo

### 6.3.1. CALCULOS DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías nos basaremos en la ecuación de continuidad que dice que el caudal es igual a la velocidad por la sección:

$$Q = V * S$$

$$\text{Como } S = \pi * D^2/4$$

$$\text{Despejando nos quedaría que: } D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$$

La velocidad la tomaremos como 1,5 m/s, ya que la máxima permitida es 2 m/s, para evitar ruidos y vibraciones molestas en las tuberías.

Con los caudales anteriormente citados para aparatos de agua caliente sanitaria, podremos calcular los diámetros de las tuberías de conexión de los ramales con los diferentes aparatos.

Lo siguiente que habrá que hallar son los diámetros de las tuberías de todos los tramos de la instalación. Para ello se multiplicará el caudal máximo (suma del caudal de todos los aparatos que suministra el tramo de tubería) por el coeficiente de simultaneidad ( $K_p$ ) para obtener el caudal instantáneo y trabajar con él en la fórmula para hallar el diámetro.

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Siendo n el número de aparatos a los que suministra el tramo

Se consigue un diámetro, se elige el diámetro comercial apropiado y con el valor de ese diámetro se calcula la velocidad que llevará el agua en cada tramo de tubería.

### 6.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACION DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

PLANTA BAJA								
TRAMOS	Nº grifos	Q <sub>ma</sub> x (l/s)	K <sub>p</sub>	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Ø <sub>min</sub> (mm) (v=1,5 m/s)	Ø Elegido (mm)	V (m/s)	Perdida de carga/ m (Pa/m)
1-2	67	6,175	0,123	0,76	25,4	35	0,8	180
2-a	10	1	0,33	0,33	16,73	28	0,5	100
Tuberías ducha	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
2-3	57	5,175	0,134	0,685	24,10	35	0,75	160
3-b	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabo	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
3-4	55	5,045	0,136	0,68	24,05	35	0,75	160
4-c	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabo	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
4-5	53	4,915	0,13	0,63	23,13	35	0,65	120
5-d	10	1	0,33	0,33	16,73	28	0,5	100
Tuberías ducha	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
5-6	43	3,915	0,154	0,593	22,43	35	0,65	120
6-h	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tubería lavabo	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
6-7	41	3,785	0,158	0,598	22,14	35	0,65	120
7-j	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
7-8	40	3,72	0,16	0,595	22,04	35	0,65	120
8-k	8	0,8	0,378	0,3	16,02	28	0,5	100
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
8-9	32	2,92	0,18	0,525	21,1	35	0,45	90

9-l	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
9-10	30	2,79	0,185	0,518	20,97	35	0,45	90
10-m	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
10-11	28	2,66	0,19	0,505	20,7	35	0,45	90
11-n	8	0,8	0,378	0,3	16,02	28	0,5	100
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
11-12	20	1,86	0,23	0,428	19,05	28	0,7	180
12-o	8	0,8	0,378	0,3	16,02	28	0,5	100
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
12-13	12	1,06	0,3	0,318	16,43	28	0,5	100
13-p	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
13-14	10	0,93	0,33	0,307	16,1	28	0,5	100
14-q	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
14-15	8	0,8	0,378	0,3	16,02	28	0,5	100
15-r	8	0,8	0,378	0,3	16,02	28	0,5	100
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120

PLANTA PRIMERA								
TRAMOS	Nº grifos	Q <sub>max</sub> (l/s)	K <sub>p</sub>	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Ø <sub>min</sub> (mm) (v=1,5m/s)	Ø Elegido (mm)	V (m/s)	Perdida de carga/m (Pa/m)
1-16	20	1,755	0,23	0,4	18,51	28	0,65	170
16-s	6	0,6	0,45	0,27	15,14	28	0,5	90
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
16-17	14	1,155	0,277	0,32	16,5	28	0,5	100
17-t	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
17-18	12	1,025	0,3	0,307	16,02	28	0,5	100
18-u	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
18-19	10	0,895	0,33	0,29	15,97	28	0,5	100
19-v	6	0,6	0,45	0,27	15,14	28	0,5	90
Tuberías duchas	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
19-20	4	0,295	0,577	0,17	12,02	22	0,5	140
20-23	2	0,165	1	0,165	11,9	22	0,5	140
Tubería ducha	1	0,1	1	0,1	9,2	18	0,4	120
23-24	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
Tubería lavabo	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100
20-26	2	0,13	1	0,13	10,5	18	0,45	130
Tuberías lavabos	1	0,065	1	0,065	7,42	16	0,35	100

### 6.3.3. PÉRDIDAS DE CARGA EN CADA TRAMO

PLANTA BAJA					
TRAMOS	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-2	0,76	35	180	3,33	599,4
2-a	0,33	28	100	5,10	510
Tuberías ducha	0,1	18	120	0,9*10	1080
2-3	0,685	35	160	0,96	153,6
3-b	0,13	18	130	2,11	274,3
Tuberías lavabo	0,065	16	100	0,2*2	49
3-4	0,68	35	160	0,37	59,2
4-c	0,13	18	130	2,11	274,3
Tuberías lavabo	0,065	16	100	0,2*2	40
4-5	0,63	35	120	0,78	93,6
5-d	0,33	28	100	5,10	510
Tuberías ducha	0,1	18	120	0,9*10	1080
5-6	0,593	35	120	5,53	663,6
6-h	0,13	18	130	9,09	1181,7
Tubería lavabo	0,065	16	100	0,2*2	40
6-7	0,598	35	120	1	120
7-j	0,065	16	100	6,49	649
7-8	0,595	35	120	8	960
8-k	0,3	28	100	4,3	430
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*8	1200
8-9	0,525	35	90	1,5	135

9-l	0,13	18	130	1	130
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
9-10	0,518	35	90	0,1	9
10-m	0,13	18	130	1	130
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
10-11	0,505	35	90	1,25	112,5
11-n	0,3	28	100	4,3	430
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*8	1200
11-12	0,428	28	180	9,6	1728
12-o	0,3	28	100	4,3	430
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*8	1200
12-13	0,318	28	100	1,5	150
13-p	0,13	18	130	1	130
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
13-14	0,307	28	100	0,1	10
14-q	0,13	18	130	1	130
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
14-15	0,3	28	100	1,5	150
15-r	0,3	28	100	4,3	430
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*8	1200

PLANTA PRIMERA:					
TRAMOS	Q <sub>inst</sub> (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-16	0,4	28	170	17,3	2941
16-s	0,27	28	90	3,3	297
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*6	900
16-17	0,32	28	100	1,15	115
17-t	0,13	18	130	0,6	78
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
17-18	0,307	28	100	0,3	30
18-u	0,13	18	130	0,6	78
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40
18-19	0,29	28	100	1,15	115
19-v	0,27	28	90	3,3	297
Tuberías duchas	0,1	18	120	1,25*6	900
19-20	0,17	22	140	6,21	869,4
20-23	0,165	22	140	2,28	319,2
Tubería ducha	0,1	18	120	0,2	24
23-24	0,065	16	100	1	100
Tubería lavabo	0,065	16	100	0,2	20
20-26	0,13	18	130	1,5	195
Tuberías lavabos	0,065	16	100	0,2*2	40

A continuación haremos el cálculo del tramo más desfavorable, que en nuestro caso tendremos las dos opciones anteriormente estudiadas:



En la planta baja es desde el acumulador de la sala de calderas hasta el punto r que es la última ducha del vestuario 6. En la planta primera es desde el acumulador de la sala de calderas hasta el punto 24 que es el último lavabo de los aseos.

La opción a estudiar será la máxima pérdida en la planta primera, ya que tiene que superar una pérdida de altura de 5,5 metros.

#### **6.3.4. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA.**

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas por altura, las pérdidas de los tramos rectos y accesorios de las tuberías.

##### **– PÉRDIDAS DE ALTURA**

En nuestro tramo a estudiar la pérdida de altura será la que hay desde la sala de calderas, en la que está situada la bomba, hasta el falso techo de la planta primera por donde circulara el agua de consumo:

Pérdida de altura  $\rightarrow$  5,5 m.c.a.

##### **– PÉRDIDA DE CARGA EN TRAMOS RECTOS Y ACCESORIOS DE LAS TUBERÍAS.**

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200 Pa/m y 50 Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

##### *Tramos rectos:*

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías.

TRAMOS	Caudal (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
1-16	0,4	28	170	17,3	2941
16-17	0,32	28	100	1,15	115
17-18	0,307	28	100	0,3	30
18-19	0,29	28	100	1,15	115
19-20	0,17	22	140	6,21	869,4
20-23	0,165	22	140	2,28	319,2
23-24	0,065	16	100	1	100
Tubería lavabo	0,065	16	100	0,2	20
				Total	<b>4509,6</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 4509,6\text{Pa} \rightarrow \mathbf{0,46\text{m.c.a.}}$

#### Accesorios:

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
1-16	28	5 curvas 90°	0,7	3,50
		1 T	0,35	0,35
		1 válvula	0,31	0,31
16-17	28	1 T	0,35	0,35
17-18	28	1 T	0,35	0,35
18-19	28	1 T	0,35	0,35
19-20	22	1 T	0,23	0,23
20-23	22	1 curva 90°	0,48	0,48
		1 T	0,23	0,23
23-24	16	1 válvula	0,19	0,19
Tubería lavabo	16	1 válvula	0,19	0,19
Total				<b>6,53 mm.c.a</b>

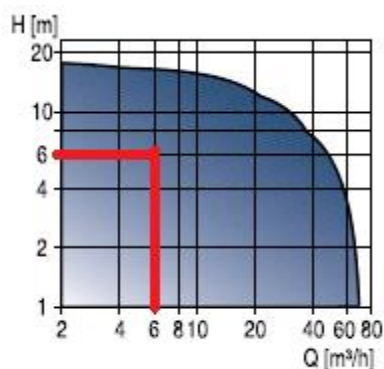
Pérdida de carga  $\rightarrow 6,53\text{mm.c.a.} \rightarrow 0,00653 \text{ m.c.a.}$

La pérdida de carga que debe suministrar la bomba es:

$$5,5 + 0,46 + 0,00653 = \mathbf{5,96\text{m.c.a.}}$$

Sabiendo que el caudal máximo total será de 1,755 l/s, sabemos que esto nos dará un caudal en m<sup>3</sup>/h de: **6,318 m<sup>3</sup>/h**

Con estos dos datos elegiremos el tipo de bomba:



Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente. La bomba escogida es una **Grundfos UPS serie 200**

#### 6.4. RECIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA.

La instalación se ha diseñado de manera que el retorno se haga desde los dos puntos de consumo más alejados del circuito, en nuestro caso serán la última ducha del vestuario 6 de la planta baja y el último lavabo de los aseos de la planta primera.

El caudal de recirculación se estima en el 10% del máximo caudal de ida, y al igual que hemos hecho en el apartado anterior, en la tabla siguiente se describen las características de las tuberías. La velocidad del agua no supera en ningún tramo 2m/s y las pérdidas de presión por metro lineal de tubo se encuentran dentro de los límites óptimos de funcionamiento.

Tramo	Caudal (m³/h)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (Pa/m)
24(lavabo)-1	0,175	22	1	0,5	140
15(ducha)-1	0,6175	35	1	0,65	120

*Pérdida de carga por tramos rectos:*

Tramo 24(lavabo)-1 →  $140 \cdot 41,2 \text{ metros} = 5768 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{0,59 \text{ m.c.a.}}$

Tramo 15(ducha)-1 →  $120 \cdot 30,7 \text{ metros} = 3684 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{0,376 \text{ m.c.a.}}$

*Pérdida de carga por accesorios:*

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
24(lavabo)-1	22	10 curvas 90°	0,52	5,2
		2 válvulas	0,23	0,46

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
15(ducha)-1	35	5 curvas 90°	0,9	4,5
		2 válvulas	0,4	0,8

#### 6.4.1. ELECCION DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN

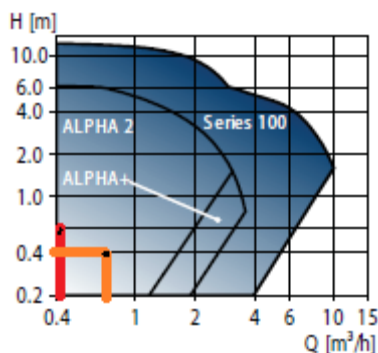
La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas por altura, las pérdidas de los tramos rectos y accesorios de las tuberías.

La suma de todas las perdidas será:

24(lavabo)-1....  $0,59 \text{ m.c.a.} + 0,0052 \text{ m.c.a.} + 0,00046 \text{ m.c.a.} = \mathbf{0,59566 \text{ m.c.a.}}$

15(ducha)-1...  $0.376 \text{ m.c.a.} + 0,0045 \text{ m.c.a.} + 0,0008 \text{ m.c.a.} = \mathbf{0,3813 \text{ m.c.a.}}$



Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente. La bomba escogida para la recirculación es de la marca **Grundfos** el modelo **Alpha Pro**

## 7. INSTALACION DE CALEFACCION

### 7.1. DETERMINACION DE LA ZONA CLIMATICA

Siguiendo las indicaciones sobre este aspecto realizadas en la memoria y en el apéndice D del documento Básico HE (ahorro de energía), obtenemos que Cizur Menor, localidad donde se encuentra nuestro polideportivo, pertenezca a la misma zona climática que la capital de la provincia, Pamplona, y esta es la zona **D1**.

#### – TEMPERATURAS

Las temperaturas consideradas para realizar los cálculos son:

- Temperatura exterior.....-5 °C
- Temperatura del terreno.....6 °C
- Temperatura interior pista polideportiva, pasillo, usos múltiples.....15 °C
- Temperatura vestuarios y aseos.....20 °C
- Temperatura despacho.....20 °C
- Temperatura entrada de agua fría.....10 °C

#### – DESCRIPCION DEL EDIFICIO

Es un complejo deportivo que se compone por dos plantas. En la planta baja hay una pista polideportiva, aseos, vestuarios, sala de instalaciones y

almacén, también hay un frontón que se encuentra al aire libre que no vamos a climatizar. En la primera planta tenemos dos vestuarios, aseos, una sala para cualquier actividad y su correspondiente pasillo

La base del cálculo está condicionada por el tipo y calidad de los cerramientos que componen el edificio, su orientación y las pérdidas que ocupan. Las superficies de las habitaciones serán las siguientes:

#### PLANTA BAJA

RECINTO	NUMERACION	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (M <sup>3</sup> )
Pista polideportiva	001	1056	9355,72
Vestuario 1	002	50,84	142,352
Vestuario 2	003	50,84	142,352
Vestuario 3	004	50,84	142,352
Vestuario 4	005	50,84	142,352
Aseos	006	15,75	44,1
Aseos	007	13,3	37,24
Pasillo de entrada	008	21,32	59,7
Vestuario 5	009	33,62	94,136
Vestuario 6	010	33,62	94,136
Almacén	011	16	44,8
Sala de instalaciones	012	16	44,8

#### PLANTA BAJA

RECINTO	NUMERACION	SUPERFICIE(m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
Usos múltiples	101	219,76	613,2
Despacho	102	13,44	37,632
Aseos	103	5,76	16,128

Aseos	104	3,2	8,96
Aseos	105	3,2	8,96
Vestuario 7	106	43,52	121,856
Vestuario 8	107	43,52	121,856
Pasillo	108	22,10	61,88

## 7.2. CALCULO DE LA TRANSMITANCIA TERMICA DE LOS CERRAMIENTOS

El método de cálculo de este factor es el especificado en el documento memoria.

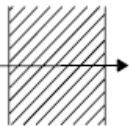
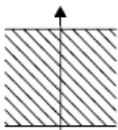
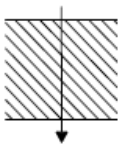
### 7.2.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR

A este apartado corresponden los muros exteriores correspondientes a las fachadas, huecos, exteriores verticales, puertas y ventanas.

$$\text{Resistencias térmicas parciales} \rightarrow R_i = \frac{e}{\lambda}$$

De la siguiente tabla del CTE sacaremos los datos de las resistencias térmicas superficiales:



Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

En nuestro caso los datos serán:

$$R_{se} = 0,04; \quad R_{si} = 0,13$$

#### – MURO EXTERIOR

Materiales	e(m)	$\lambda$ (W/mK)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> K/W)
Fábrica de bloque hueco hormigón	0,2	0,56	0,357
Aislante de fibra de vidrio Tipo IV	0,04	0,036	1,111
Cámara de aire vertical	-	-	0,244
Fábrica de ladrillo hueco	0,13	0,49	0,265

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 1,977 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/2,147 = 0,466 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

– **PANEL EXTERIOR**

Materiales	e(m)	$\lambda$ (W/mK)	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)
Panel plano(50mm) PERFRISA	-	-	2,17

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 2,34 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/2,34 = 0,4247 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.

– **MUROS EN CONTACTO CON EL TERRENO**

Según el CTE la transmitancia térmica  $U_T$  se obtendrá según la profundidad z de la parte de muro en contacto con el terreno y de la resistencia térmica del muro sin contar las resistencias superficiales. Con estos datos sacaremos de la siguiente tabla el valor de la transmitancia térmica.

En nuestro caso nos dará un valor de  $U_T$  de  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este

$R_m$ (m <sup>2</sup> K/W)	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

– **TECHO EXTERIOR POLIDEPORTIVO**

Para la cubierta del edificio se ha utilizado dos tipos de materiales, un panel nervado compuesto por dos chapas de acero galvanizadas con zinc de 0,5 mm cada una de grosor y un núcleo de espuma de poliuretano de 49 mm,

Materiales	e(m)	$\lambda$ (W/mK)	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)
Panel nervado (50mm)PERFRISA	-	-	2,38
Panel translucido	-	-	4,76

Las resistencias térmicas superficiales son:

$$R_{se} = 0,04; \quad R_{si} = 0,10$$

La resistencia térmica total será:

Panel nervado..... $R_t = 2,52 \text{ m}^2\text{K/W}$

Panel translucido... $R_t = 4,9 \text{ m}^2\text{K/W}$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

Panel nervado:  $U = 1/2,52 = \mathbf{0,397 \text{ W/m}^2\text{K}} < 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

Panel translucido:  $U = 1/4,9 = \mathbf{0,2 \text{ W/m}^2\text{K}} < 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### – TECHO EXTERIOR VESTUARIOS

Materiales	e(m)	$\lambda$ (W/mK)	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)
Panel nervado (50mm)PERFRISA	-	-	2,38

Las resistencias térmicas superficiales son:

$$R_{se} = 0,04; \quad R_{si} = 0,10$$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 2,52 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/2,52 = \mathbf{0,397 \text{ W/m}^2\text{K}}$  < 0,49 W/m<sup>2</sup>K (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

Materiales	e(m)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$
Aislante poliuretano conformado(tipo IV)	0,08	0,04	2
Enlucido de yeso	0,2	0,3	0,66
Cámara de aire horizontal arriba	-	-	0,22

Las resistencias térmicas superficiales son:

$$R_{se} = 0,04; \quad R_{si} = 0,10$$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 3,02 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/3,02 = \mathbf{0,3311 \text{ W/m}^2\text{K}}$  < 0,49 W/m<sup>2</sup>K (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### – Puertas exteriores

Carpintería de puertas a base de tablero de 11 m, chapeado por ambas caras de aluminio lacado en blanco. Las ventanas que algunos modelos de puertas tienen son abisagradas y se incluyen los virios 3+3 con lamina-butiral, que será translúcida en el caso de vestuarios y aseos.

- Las puertas P2,P3,P6 y P8 que traen una ventana en su parte superior, se tomara la siguiente transmitancia para la ventana según fabricante:

**$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K} < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$**  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

Los materiales de la puerta son los siguientes:			
Materiales	e(m)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$
Chapa int. Aluminio	0,0005	204	0,00000245
Chapa ext. Aluminio	0,0005	204	0,00000245
Núcleo Poliuretano	0,011	0,025	0,44

$$R_{se} = 0,04; \quad R_{si} = 0,13$$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 0,61 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

**$U = 1/0,61 = 1,64 \text{ W/m}^2\text{K} < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$**  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

- La puerta principal P1 está formada por dos capas de vidrio y una capa de aire en medio de las dos. Los marcos de la puerta están fabricados en aluminio. Por el fabricante sabemos que la transmitancia térmica de estos huecos en la fachada será:

**$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K} < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$**  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### – Ventanas exteriores

Estas están formadas por dos capas de vidrio y una capa de aire deshidratado y baja emisividad, en medio de las dos. Los marcos de las ventanas están fabricados en aluminio.

Vidrio interior: SGG PLANILUX

Vidrio exterior: SGG PLANITHERMS

Espesor: 4+12+4 mm respectivamente.

Incoloro.

Por el fabricante sabemos que la transmitancia térmica de estos huecos en la fachada será:

$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K} < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

Estas será las ventanas de los vestuarios 3, 4, 5, 6 que son del tipo V1 y ventanas del tipo V2 que serán de la sala de instalaciones, vestuarios 1, 2 y de los aseos generales.

### 7.2.2. SUELO EN CONTACTO CON EL TERRENO

Materiales	e(m)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$
Pavimento pulisor	0,02	0,185	0,108
Hormigón armado	0,14	1,61	0,087
Encachado de piedra	0,14	3,46	0,04

Para este caso siguiendo la normativa del CTE, se calcula el coeficiente de transmitancia térmica,  $U_s$ , según el coeficiente de la resistencia térmica superficial según la siguiente formula y mirando en la tabla siguiente:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}; \quad \text{Siendo } A: \text{área de toda la solera (m}^2\text{)}$$

P: perímetro de la misma (m)

B'	R <sub>a</sub>	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		R <sub>a</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>a</sub> (m <sup>2</sup> K/W)					R <sub>a</sub> (m <sup>2</sup> K/W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

$$B' = \frac{1416,8}{\frac{1}{2} \cdot 152,4} = 18,59$$

Metiendo este dato en la tabla nos da un coeficiente de resistencia de:

$R_a = U_s = 0,32 \text{ (m}^2\text{K/W)}$ ; ya que en nuestro caso no existirá aislamiento térmico.

La resistencia térmica total será:

$0,32 \text{ (m}^2\text{K/W)} < 0,64 \text{ (m}^2\text{K/W)}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

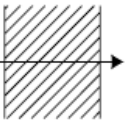
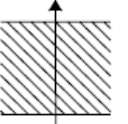
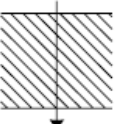
## -CERRAMIENTOS INTERIORES

### -Suelo interior tipo I

Materiales	e(m)	λ(W/mK)	R <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> K/W)
Plaquetas	0,06	1,05	0,057
Mortero de cemento	0,05	1,4	0,035
Forjado de hormigón entrevigado	-	-	0,2
Aislante lana mineral (tipo III)	0,06	0,038	1,58

De la siguiente tabla del CTE sacaremos los datos de las resistencias térmicas superficiales:

Las resistencias térmicas superficiales para nuestro caso, que será un flujo descendente, serán:

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	$R_{se}$	$R_{si}$
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal <math>&gt;60^\circ</math> y flujo horizontal</i> 	0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal <math>\leq 60^\circ</math> y flujo ascendente</i> 	0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente</i> 	0,17	0,17

$R_{se} = 0,17;$      $R_{si} = 0,17$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 2,212 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/2,212 = 0,452 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### **-Techo interior**

Materiales	e(m)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$
Plaquetas	0,06	1,05	0,057
Mortero de cemento	0,05	1,4	0,035
Forjado de hormigón entrevigado	-	-	0,2
Aislante lana mineral (tipo III)	0,06	0,038	1,58



Según la tabla anterior las resistencias térmicas superficiales para nuestro caso, que será un flujo ascendente, y los datos serán:

$$R_{se} = 0,10; \quad R_{si} = 0,10$$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 2,212 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/2,072 = 0,482 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### **-Pared interior tipo I**

Materiales	e(m)	$\lambda(\text{W/mK})$	$R_i(\text{m}^2\text{K/W})$
Fábrica de ladrillo hueco	0,2	0,49	0,408
Enlucido yeso perlita	0,06	0,18	0,333

Según la tabla anterior las resistencias térmicas superficiales para nuestro caso, que será un flujo horizontal, y los datos serán:

$$R_{se} = 0,13; \quad R_{si} = 0,13$$

La resistencia térmica total será:

$$R_t = 1,001 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Y aplicando la siguiente formula conseguiremos la transmitancia térmica del cerramiento, U:

$$U = 1/R_t$$

$U = 1/1,001 = 0,99 \text{ W/m}^2\text{K} < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Este valor es obtenido del Documento Básico HE, Ahorro de energía.)

#### **- Puertas y ventanas interiores**

Las puertas y ventanas interiores del edificio tendrán las mismas características térmicas que las anteriormente citadas ya que están compuestas por los mismos materiales, modificándose únicamente las dimensiones.

### 7.2.3. FACTOR SOLAR MODIFICADO

Este factor se determina con la siguiente fórmula:

$$F = F_s[(1-FM) * g_v + FM * 0,04 * U_m \alpha]$$

-La única fachada que cuenta con huecos es la fachada principal, que tiene 4 ventanas tipo V2 debajo de un voladizo:

$$F_s = 0,75 \text{ (L= 3,02; D=0,65; H=0,5)}$$

$$FM = 0,31$$

$$g_v = 0,61$$

$$U_m = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha = 0,30 \text{ (marcas de color blanco medio)}$$

El factor solar modificado de los huecos será:

$$F = 0,3207$$

- En la cubierta dispondremos de lucernarios

$$F_s = 1$$

$$FM = 0,31$$

$$g_v = 0,61$$

$$U_m = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha = 0,30 \text{ (marcas de color blanco medio)}$$

El factor solar modificado de los huecos será:

$$F = 0,4216$$

### -CONDENSACIONES SUPERFICIALES

En el documento memoria se especifican las ecuaciones necesarias para calcular los siguientes valores:

$$P_i = 2337 * 0,62 = 1449 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}} = 1811,25 \text{ Pa} \quad f_{R_{si}, \min} = 0,738$$

$$\Theta_{si, \min} = 15,498 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Los factores de temperatura de la superficie interior de cada cerramiento deberán ser mayores que el valor calculado antes que este párrafo (factor de temperatura de la superficie interior mínimo). A continuación, utilizando la expresión especificada en la memoria, se calculan los factores de temperatura de la superficie interior de cada cerramiento:

- Muros exteriores:  $f_{Rsi} = 0,8835 > 0,738$
- Panel Plano:  $f_{Rsi} = 0,894 > 0,738$
- Muro en contacto con terreno:  $f_{Rsi} = 0,9 > 0,738$
- Cubierta polideportivo:  $f_{Rsi} = 0,902 > 0,738$
- Cubierta vestuarios:  $f_{Rsi} = 0,917 > 0,738$
- Solera en contacto con terreno:  $f_{Rsi} = 0,92 > 0,738$
- Suelo interior vestuarios:  $f_{Rsi} = 0,887 > 0,738$
- Techo interior vestuarios:  $f_{Rsi} = 0,879 > 0,738$
- Medianerías:  $f_{Rsi} = 0,753 > 0,738$

### **-CONDENSACIONES INTERSTICIALES**

La presión de vapor de cada capa de los cerramientos debe ser menor que la presión de vapor de saturación de esa misma capa.

- **Muros exteriores**
  - Distribución de temperatura

	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)	$\Theta$ (°C)
Exterior	0,04	4,788
Capa 1	0,357	7,36
Capa 2	1,111	15,38
Capa 3	0,244	17,15
Capa 4	0,265	17,43
Interior	0,13	20

$$R_T = 2,147(\text{m}^2 \text{ K/W})$$

- Distribución de la presión de vapor de saturación

$$P_{\text{sat}}(\text{se}) = 859,05 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(1) = 1026,36 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(2) = 1746,55 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(3) = 1955,13 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(4) = 1990,05 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(\text{si}) = 2336,9 \text{ Pa}$$

- Distribución de la presión de vapor

CAPAS	$\mu$	e (m)	$S_d(\text{m})$
Fábrica de bloque hueco hormigón	3	0,2	0,6
Aislante de fibra de vidrio Tipo IV	1,65	0,04	0,07
Cámara de aire vertical	1	0,06	0,06
Fábrica de ladrillo hueco	5,5	0,13	0,82

$$S_d = 1,55$$

$$P_{\text{ext}} = 689,424 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{int}} = 1449 \text{ Pa}$$

$$P_1 = 983,45 < P_{\text{sat}}(1)$$

$$P_2 = 1017,76 < P_{\text{sat}}(2)$$

$$P_3 = 1047,16 < P_{\text{sat}}(3)$$

$$P_4 = 1449 < P_{\text{sat}}(4)$$

No condensa ya que las presiones de vapor son menores que las presiones de vapor de saturaciones cada una de las capas.

### - *Cubierta polideportivo*

- Distribución de temperatura

*Panel nervado*

	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)	$\Theta$ (°C)
Exterior	0,04	4,74
Capa 1	2,38	19,38
Interior	0,10	20

$$R_T = 2,52 \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$$

*Panel translucido*

	$R_i$ (m <sup>2</sup> K/W)	$\Theta$ (°C)
Exterior	0,04	4,62
Capa 1	4,76	19,68
Interior	0,10	20

$$R_T = 4,9 \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$$

- Distribución de la presión de vapor de saturación

$$P_{\text{sat}}(\text{se}) = 856,17 \text{ Pa} \quad P_{\text{sat}}(\text{se}) = 849 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(1) = 2248,7 \text{ Pa} \quad P_{\text{sat}}(1) = 2291,06 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{sat}}(\text{si}) = 2336,9 \text{ Pa} \quad P_{\text{sat}}(\text{si}) = 2336,9 \text{ Pa}$$

- Distribución de la presión de vapor

No tenemos datos para  $\mu$ , para después multiplicar por  $e(m)$ , y poder obtener  $S_d(m)$

### 7.3. FICHAS JUSTIFICATIVAS

Hallado ya todo lo anterior, estamos en condiciones de rellenar las tres fichas justificativas de los cálculos que se encuentran en el apéndice H de Documento Básico HE, Ahorro de energía.

#### 7.3.1. FICHA 1: CALCULO DE LOS PARAMETROS CARACTERISICOS MEDIOS

ZONA CLIMATICA	D1	ZONA DE BAJA CARGA TERMICA
----------------	----	----------------------------

<b>MUROS (<math>U_{Mm}</math>)</b>					
Tipos		$A(m^2)$	$U(W/m^2K)$	$AxU (W/K)$	Resultado
N	Fachada trasera	140,36	0,466	65,24	$\Sigma A = 615,72$ $\Sigma AxU = 271.65$ $U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 0,441$
		186,56	0,4247	79,23	
	Fachada izquierda	176,8	0,466	82,38	
		112	0,4	44,8	
E					
O					
S					
SE	Fachada derecha	269,013	0,466	125,36	$\Sigma A = 269,013$ $\Sigma AxU = 125,36$ $U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 0,466$
SO	Fachada principal	191,96	0,466	89,45	$\Sigma A = 275,76$ $\Sigma AxU = 125,04$ $U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 0,453$
		83,8	0,4247	35,59	

SUELOS (U <sub>Sm</sub> )				
Tipos	A(m <sup>2</sup> )	U(W/m <sup>2</sup> K)	AxU (W/K)	Resultado
Solera Planta Baja	1408	0,32	450,56	ΣA = 1760

Solera Primera	Planta	352	0,452	159,104	$\Sigma AxU = 609,66$ $U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 0,346$

<b>CUBIERTAS (<math>U_{cm}</math>)</b>				
Tipos	A(m <sup>2</sup> )	U(W/m <sup>2</sup> K)	AxU (W/K)	Resultado
Panel Nervado	1317	0,4247	559,33	$\Sigma A = 1941,15$
Panel translucido	228,15	0,2	45,63	$\Sigma AxU = 795,83$
Techo exterior	396	0,482	190,87	$U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 0,41$

<b>HUECOS (<math>U_{Hm}</math>, <math>U_{Fm}</math>)</b>					
Tipos		A(m <sup>2</sup> )	U(W/m <sup>2</sup> K)	AxU (W/K)	Resultado
SO	Puertas exteriores	16,4	1,64	26,9	$\Sigma A = 38,2$ $\Sigma AxU = 66,14$ $U_{Mm} = \Sigma AxU / \Sigma A = 1,73$
	P1, P2, P3	7	1,8	12,6	
	Ventanas exteriores	14,8	1,8	26,64	
	V1, V2				

Tipos	A(m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	F	AxU	AxF	Resultado

SO	Ventana V2	5,2	1,8	0,320	9,36	1,667	$\Sigma A = 5,2$ $\Sigma AxU = 9,36$ $\Sigma Ax F = 1,667$ $U_{Mm} = \Sigma Ax F / \Sigma A = 0,320$ $U_{Mm} = \Sigma Ax U / \Sigma A = 1,8$
Cubierta	Lucernario	228,15	0,2	0,421	45,63	96,18	$\Sigma A = 228,15$ $\Sigma AxU = 45,63$ $\Sigma Ax F = 96,18$ $U_{Mm} = \Sigma Ax F / \Sigma A = 0,421$ $U_{Mm} = \Sigma Ax U / \Sigma A = 0,2$

### 7.3.2. FICHA 2 CONFORMIDAD – DEMANDA ENERGETICA

ZONA CLIMATICA	D1	ZONA DE BAJA CARGA TERMICA
----------------	----	----------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{max,proyecto}$	$U_{max}$
Muros de fachada	0,441	$\leq 0,86$
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	0,4	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	-	
Suelos	0,346	$\leq 0,64$



Cubiertas	0,41	$\leq$ 0,49
Huecos	1,73	$\leq$ 3,5
Medianerías	0,99	$\leq$ 1

MUROS DE FACHADA		
$U_{Mm}$		$U_{Mlim}$
N	0,472	$\leq$ 0,66
E	-	
O	-	
S	-	
SE	0,466	
SO	0,949	

HUECOS			
$U_{Hm}$	$U_{Hlim}$	$F_{Hm}$	$F_{Hlim}$
-	$\leq$ 2,5	-	En nuestra zona climática no existe $F_{Hlim}$
-	$\leq$ 2,9	-	
-		-	
-	$\leq$ 3,5	-	
-	$\leq$ 3,5	-	
1,74		-	

CUBIERTAS	
$U_{Cm}$	$U_{Clim}$
0,41	0,49

SUELOS	
$U_{Sm}$	$U_{Slim}$
0,346	0,38

### 7.3.3. FICHA 3: CONFORMIDAD – CONDENSACIONES

CERRAMIENTOS Y PARTICIONES INTERIORES								
Tipos	C. Superficiales		C. Intersticiales					
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,min}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5
Muros exteriores	$f_{Rsi}$	0,883	$P_{sat,n}$	1026	1746	1955	1990	
	$f_{Rsi,min}$	0,738	$P_n$	983,4	1017	1047	1449	
Cubierta	$f_{Rsi}$	0,897	$P_{sat,n}$					
	$f_{Rsi,min}$	0,738	$P_n$					
Suelos	$f_{Rsi}$	0,913	$P_{sat,n}$					
	$f_{Rsi,min}$	0,738	$P_n$					

## 7.4. CALCULO DE PERDIDA DE CARGA DE CADA RECINTO DEL POLIDEPORTIVO

### 7.4.1. CALCULO DE PERDIDA DE POTENCIA CALORIFICA POR TRANSMISION

Para el cálculo de potencia calorífica por transmisión a través de los distintos cerramientos solo se tendrán en cuenta aquellos en los que existen fugas térmicas por transmisión, no teniéndose en cuenta las pérdidas que nos dan balances negativos así como aquellos cerramientos que separan dos locales con la misma temperatura ya que el flujo de calor existente para este último caso es nulo.

Esta se calculara a partir de la siguiente fórmula:

$$H_T (W/^{\circ}C) = \sum [(A (m^2) \times U (W/m^2/^{\circ}C)]$$

### **-PLANTA BAJA**

#### ***Pista polideportiva y usos múltiples: $H_t$***

Solera.....	1056 * 0,32 = 337,92 W/ °C
Suelo interior 1 (usos múltiples).....	219,76 * 0,452 = 99,33 W/°C
Cubierta: Panel nervado.....	693,65 * 0,397 = 275,38 W/ °C
Panel translucido.....	228,15 * 0,2 = 45,63 W/ °C
Fachada sureste:.....	215,57 * 0,466 = 100,45 W/ °C
Fachada norte: .....	(215,57-85,4) * 0,466 = 60,66 W/ °C
Muro enterrado.....	85,4 * 0,4 = 34,16 W/ °C
Fachada trasera: Muro exterior.....	140,36 * 0,466 = 65,40 W/ °C
Panel plano.....	186,56 * 0,4247 = 79,23 W/ °C
Fachada principal: Muro exterior.....	21,02 * 0,466 = 9,79 W/ °C
Panel Plano.....	51,5 * 0,4247 = 21,87 W/ °C
Pared interior: .....	<u>212,3 * 0,99 = 210,18 W/ °C</u>
<b>Total....1340 W/ °C</b>	

#### ***Almacén: $H_t$***

Solera.....	16 * 0,32 = 5,12 W/ °C
Techo interior 1.....	16 * 0,482 = 7,712 W/ °C
Fachadasureste.....	11,256 * 0,524 = 5,9 W/ °C
Pared interior 1.....	2*(11,256) * 0,99 = 22,28 W/ °C
Pared interior 1.....	(11,256-2,87) * 0,99 = 8,3 W/ °C
Puerta interior P5.....	<u>2,87 * 1,64 = 4,71 W/ °C</u>
<b>Total:.....54,022 W/ °C</b>	

**Sala instalaciones:  $H_t$** 

Solera.....	$16 * 0,32 = 5,12 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$16 * 0,482 = 7,712 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada sureste.....	$11,256 * 0,466 = 5,24 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(11,256) * 0,99 = 22,28 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(11,256-4,16-1,3) * 0,466 = 2,7 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta exterior P3.....	$(3,28 * 1,64) + (0,88 * 1,8) = 6,96 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	$1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....52,352 W/ °C</b>	

**Vestuario 6:  $H_t$** 

Solera.....	$33,62 * 0,32 = 10,76 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$33,62 * 0,482 = 16,2 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(22,512) * 0,99 = 44,57 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$9,73 * 0,99 = 9,63 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(11,368-2,08-1,3) * 0,466 = 3,72 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta exterior P2.....	$(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	$1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....93,39 W/ °C</b>	

**Vestuario 5:  $H_t$** 

Solera.....	$33,62 * 0,32 = 10,76 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$33,62 * 0,482 = 16,2 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(22,512) * 0,99 = 44,57 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$9,73 * 0,99 = 9,63 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$

Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(11,368-2,08-1,3) * 0,466 = 3,72 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta exterior P2.....	$(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	$1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....93,39 W/ °C</b>	

**Pasillo entrada:  $H_t$**

Solera.....	$21,32 * 0,32 = 6,82 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$21,32 * 0,482 = 10,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$22,512 * 0,99 = 22,28 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$19,23 * 0,99 = 19,04 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$2 * 1,64 * 1,64 = 5,38 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta corredera.....	$10,11 * 1,64 = 16,58 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta principal P1.....	$6,76 * 1,8 = 12,16 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....92,53 W/ °C</b>	

**Aseos:  $H_t$**

Solera.....	$26,7 * 0,32 = 8,54 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$26,7 * 0,482 = 12,87 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$22,512 * 0,99 = 22,28 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$19,23 * 0,99 = 19,04 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$2 * 1,64 * 1,64 = 5,38 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$8,96 * 0,99 = 8,87 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(9,29-1,3) * 0,466 = 3,72 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	$1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....83,04 W/ °C</b>	

**Vestuario 4:  $H_t$**

Solera.....	$50,84 * 0,32 = 16,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$50,84 * 0,482 = 24,5 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(22,512) * 0,99 = 44,57 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$17,136-1,64 * 0,99 = 15,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(13,756) * 0,466 = 6,41 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta exterior P2.....	$(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	<u><math>1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}</math></u>
<b>Total:....115,6 W/ °C</b>	

**Vestuario 3:  $H_t$**

Solera.....	$50,84 * 0,32 = 16,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$50,84 * 0,482 = 24,5 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(22,512) * 0,99 = 44,57 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$17,136-1,64 * 0,99 = 15,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal.....	$(13,756) * 0,524 = 6,41 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta exterior P2.....	$(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V2.....	<u><math>1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}</math></u>
<b>Total:....115,6 W/ °C</b>	

**Vestuario 2:  $H_t$**

Solera.....	$50,84 * 0,32 = 16,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo interior 1.....	$50,84 * 0,482 = 24,5 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2*(22,512) * 0,99 = 44,57 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$17,136-1,64 * 0,99 = 15,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$

Puerta interior P4..... $1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Fachada principal.....  $(13,756) * 0,524 = 6,41 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Puerta exterior P2.....  $(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Ventana V2..... $1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
**Total:....115,6 W/ °C**

**Vestuario 1:  $H_t$**

Solera..... $50,84 * 0,32 = 16,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Techo interior 1..... $50,84 * 0,482 = 24,5 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1.....  $(22,512) * 0,99 = 22,28 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $17,136 - 1,64 * 0,99 = 15,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Puerta interior P4..... $1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Fachada norte..... $22,512 * 0,4 = 9 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Fachada principal.....  $(13,756) * 0,466 = 6,41 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Puerta exterior P2.....  $(1,64 * 1,64) + (0,44 * 1,8) = 3,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Ventana V2..... $1,3 * 1,8 = 2,34 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
**Total:....102,31 W/ °C**

**-PLANTA PRIMERA**

**Vestuario 7:  $H_t$**

Suelo interior..... $43,52 * 0,452 = 18,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Techo exterior..... $44,52 * 0,482 = 21,45 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $18,844 * 0,99 = 18,65 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $15,55 * 0,99 = 15,4 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Puerta interior P4..... $1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $16 * 0,99 = 15,83 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Ventana V4..... $0,6 * 1,8 = 1,08 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Fachada sureste..... $18,844 * 0,466 = 8,78 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
**Total:....102,15 W/ °C**

**Vestuario 8:  $H_t$**

Suelo interior.....	$43,52 * 0,452 = 18,27 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo exterior.....	$44,52 * 0,482 = 21,45 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2 * 18,844 * 0,99 = 37,3 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$15,55 * 0,99 = 15,4 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$16 * 0,99 = 15,83 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Ventana V4.....	$0,6 * 1,8 = 1,08 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....112,02 W/ °C</b>	

**Pasillo de arriba:  $H_t$**

Suelo interior.....	$22,1 * 0,452 = 9,98 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo exterior.....	$22,1 * 0,482 = 10,65 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$(47,6-4,3-3,28) * 0,99 = 39,6 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P7.....	$3 * 1,435 * 1,64 = 7,06 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$2 * 1,64 * 1,64 = 5,38 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$2,56 * 0,99 = 2,53 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Puerta interior P4.....	$1,64 * 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada sureste.....	$4,2 * 0,466 = 1,96 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Fachada principal: Muro exterior.....	$13,6 * 0,466 = 6,33 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Panel Plano.....	$32,3 * 0,4247 = 21,87 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
<b>Total:....108,06 W/ °C</b>	

**Aseos de arriba:  $H_t$**

Suelo interior.....	$12,16 * 0,452 = 9,98 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Techo exterior.....	$12,16 * 0,482 = 10,65 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$
Pared interior 1.....	$(11,283-4,305) * 0,99 = 6,91 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$



Puerta interior P7..... $3 \times 1,435 \times 1,64 = 7,06 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $2 \times 9,04 \times 0,99 = 17,9 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $8,76 \times 0,99 = 8,68 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$

**Total:....59,18 W/ °C**

**Despacho:  $H_t$**

Suelo interior..... $13,44 \times 0,452 = 6,07 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Techo exterior..... $13,44 \times 0,482 = 6,48 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1.....  $(9,44 \times 0,99) + (11,93 \times 0,99) = 21,15 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $7,516 \times 0,99 = 7,44 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Puerta interior P4..... $1,64 \times 1,64 = 2,69 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Pared interior 1..... $9,4 \times 0,99 = 9,31 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$   
 Ventana despacho V3..... $2,52 \times 1,64 = 4,13 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$

**Total:....57,27 W/ °C**

**7.4.2. CALCULO DE PERDIDA DE POTENCIA CALORIFICA POR VENTILACION (RENOVACION)**

Para poder obtener el valor de  $H_v$  se utiliza la siguiente ecuación:

$$H_v (\text{W/ } ^\circ\text{C}) = n \times \text{Volumen (m}^3) \times 0,34 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

Siendo:  $n = n^0$  de renovaciones hora

$V$  = volumen de cada recinto

Estas serán las renovaciones hora de cada recinto y sus temperaturas ambientales:

RECINTO	TEMPERATURA(°C)	RENOVACIONES HORA
Pista deportiva	15	2
Usos múltiples	15	2

Aseos	20	3
Almacén	20	1,25
Sala instalaciones	15	1,25
Vestuarios	20	3
Pasillos	20	1,25
Despacho	20	1,25

### **-PLANTA BAJA**

Pista polideportiva y usos múltiples:  $H_v$

$$H_v = 2 * 9968,92 * 0,34 = \mathbf{6778,86 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Almacén:  $H_v$

$$H_v = 1,25 * 44,8 * 0,34 = \mathbf{19,04 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Sala instalaciones:  $H_v$

$$H_v = 1,25 * 44,8 * 0,34 = \mathbf{19,04 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Vestuario 6:  $H_v$

$$H_v = 3 * 94,136 * 0,34 = \mathbf{96,02 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Vestuario 5:  $H_v$

$$H_v = 3 * 94,136 * 0,34 = \mathbf{96,02 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Pasillo entrada:  $H_v$

$$H_v = 1,25 * 59,7 * 0,34 = \mathbf{25,37 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Aseos:  $H_v$

$$H_v = 3 * 81,34 * 0,34 = \mathbf{82,96 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Vestuario 4:  $H_v$

$$H_v = 3 * 142,325 * 0,34 = \mathbf{145,17 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Vestuario 3:  $H_v$

$$H_v = 3 * 142,325 * 0,34 = \mathbf{145,17 \text{ W/ } ^\circ\text{C}}$$

Vestuario 2:  $H_v$

$$H_v = 2 * 142,325 * 0,34 = 145,17 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

Vestuario 1:  $H_v$

$$H_v = 2 * 142,325 * 0,34 = 145,17 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

### **-PLANTA PRIMERA**

Vestuario 7:  $H_v$

$$H_v = 3 * 121,856 * 0,34 = 124,3 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

Vestuario 8:  $H_v$

$$H_v = 3 * 121,856 * 0,34 = 124,3 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

Pasillo de arriba:  $H_v$

$$H_v = 1,25 * 61,88 * 0,34 = 26,3 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

Aseos de arriba:  $H_v$

$$H_v = 3 * 34,05 * 0,34 = 34,7 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

Despacho:  $H_v$

$$H_v = 1,25 * 37,632 * 0,34 = 16 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

### **7.4.3. CARGA TERMICA DEL EDIFICIO Y SUPLEMENTOS**

Se realiza un desglose por espacios y se calcula un coeficiente total, suma de los coeficientes de transmisión y ventilación para cada habitación:

$$H = H_t + H_v$$

A continuación se realiza el cálculo del flujo resultante al multiplicarlo por el salto de temperatura existente.

$$Q = H \times (T_i - T_e)$$

Dónde:  $Q$  = Flujo de calor (W)

$H$  = Coeficiente global de cada recinto ( $\text{W/}^\circ\text{C}$ )

$T_i - T_e$  = Salto térmico entre cada recinto y el exterior ( $-5^\circ\text{C}$ )

RECINTO	$H_T(W/^\circ C)$	$H_V(W/^\circ C)$	$H(W/^\circ C)$	$\Delta t(^\circ C)$	$Q(W)$
Pista polideportiva, Usos múltiples	1340	6778,86	8118,86	20	162377,2
Almacén	54,022	19,04	73,06	25	1826,5
Sala de instalaciones	53,352	19,04	73,39	20	1447,84
Vestuario 6	93,39	96,02	189,41	25	4735,25
Vestuario 5	93,39	96,02	189,41	25	4735,25
Pasillo de entrada	92,53	25,37	117,9	25	2947,5
Aseos P.Baja	83,04	82,96	166	25	4150
Vestuario 4	115,6	145,17	260,77	25	6519,25
Vestuario 3	115,6	145,17	260,77	25	6519,25
Vestuario 2	115,6	145,17	260,77	25	6519,25
Vestuario 1	102,31	145,17	247,48	25	6187
Vestuario 7	102,15	124,3	226,45	25	5661,25
Vestuario 8	112,02	124,3	236,32	25	5908
Pasillo P.Primer	108,06	26,3	134,36	25	3359
Aseos P.Primer	59,18	34,7	93,88	25	2347
Despacho	57,27	16	73,27	25	1831,75

En este punto ya se tienen los valores totales; a continuación hay que introducir unos factores en los que se valoran distintos tipos de suplementos.

Según las distintas orientaciones se prevén los siguientes suplementos por orientación:

ORIENTACION	SUPLEMENTO
Zona Norte	15%

Zona Este, Oeste	5%
Zona Sureste, Suroeste	2,5%
Zona Sur	0%

Además, según el horario de funcionamiento habrá que prever un suplemento de potencia, debido a la intermitencia de los ciclos. Para este edificio se ha previsto un funcionamiento de 8 a 10 horas diarias con un coeficiente por intermitencia de **1,2**.

$$Q_o = Q * \text{Factor Orientación} * \text{Factor Intermitencia}$$

RECINTO	Q(W)	ORIENTACION	INTERMITENCIA	Q <sub>o</sub> (W)
Pista polideportiva, Usos múltiples	162377,2	1,15	1,2	224080,54
Almacén	1826,5	1,025	1,2	2246,6
Sala de instalaciones	1447,84	1,025	1,2	1780,84
Vestuario 6	4735,25	1,025	1,2	5824,36
Vestuario 5	4735,25	1,025	1,2	5824,36
Pasillo de entrada	2947,5	1,025	1,2	3625,42
Aseos P.Baja	4150	1,025	1,2	4253,75
Vestuario 4	6519,25	1,025	1,2	8018,68
Vestuario 3	6519,25	1,025	1,2	8018,68
Vestuario 2	6519,25	1,025	1,2	8018,68
Vestuario 1	6187	1,15	1,2	8538,06
Vestuario 7	5661,25	1,025	1,2	6963,34
Vestuario 8	5908	-	1,2	7089,6
Pasillo P.Primer	3359	-	1,2	4030,8
Aseos P.Primer	2347	-	1,2	2816,4
Despacho	1831,75	-	1,2	2198,1

Hasta ahora se han propuesto los cálculos espacio por espacio, sin hacer un cálculo general para todo el edificio.

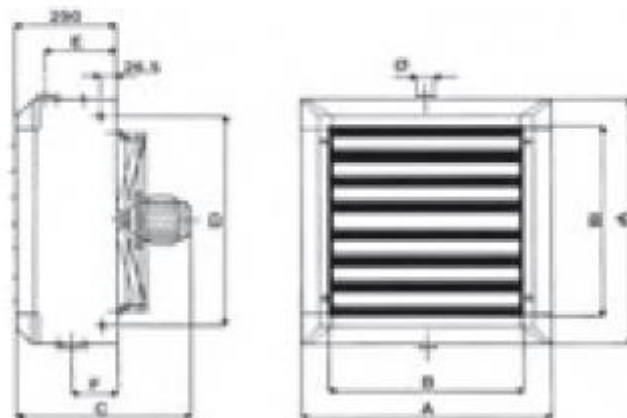
Los resultados totales para todo el edificio se realizarán sumando los resultados para todos los espacios, siendo este valor final necesario a la hora de realizar el cálculo de la caldera.

La suma total de todas las pérdidas por transmisión, ventilación y la aplicación de todos los suplementos, será de:  **$Q_o = 311346,89 \text{ W}$**

## 7.5. EMISORES DE CALOR

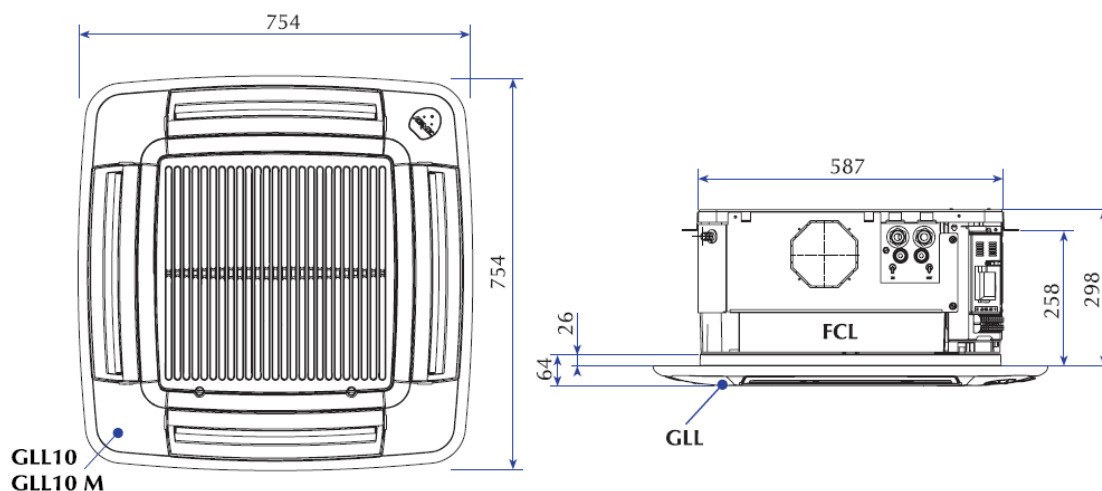
Elegiremos para nuestra instalación 4 Aerotermos de gran potencia, **Serie ATLAS modelo 68A735X**, para la pista polideportiva. Siendo su potencia de 53.5/43.8KW. Con una entrada de aire a 12 °C, un caudal de agua caliente de 2,5 m<sup>3</sup>/h, pérdida de carga de 5m.c.a. y una capacidad de litros por aerotermo.

### Serie ATLAS



T A M A N O	MODELO SERIE ATLAS	Potencia Térmica (w) Vel. Alta/ Baja. El vapor a 6 bar de presión	Caudal (m <sup>3</sup> /h) Alta /Baja	Potencia motor Wattios	dB (A)	T° Salida Aire	Alcance (mts.)	PRECIO €	Soporte Mural AMP/HMP €
7	68A71SP	solo vapor 63800/53500	5800/4400	400/200	65/60	52/55	24/18	962	88
	68A72SX	44200/37100	5400/4100	400/200	65/60	41/44	24/18	1.142	88
	68A73SX	53500/43800	5200/3800	400/200	65/60	48/52	24/18	1.249	88

Para todos los demás recintos colocaremos Fan-coils de cassettes alojados en los falsos techos de cada recinto.



Características y cantidad de modelos seleccionados:

MODELOS	Nº	POTENCIA (W)	CAUDAL AGUA (l/h)	CAPACIDAD (l)
FCL-122	2	6250	857	1,4
FCL-122	4	8660	749	2
FCL-122	2	7550	664	1,7
FCL-62	2	4120	360	1,2
FCL-62	6	3200	305	1,1

Hemos optado por los fan-coils “AERMEC”, tipo cassette (Serie FCL, fan-coil cassette), han sido diseñados para su instalación en falsos techos de medida estándar 754x754 mm. Y gracias a su ventilador de alto rendimiento se ha conseguido una altura mínima de sólo 362 mm., por lo que se integra perfectamente en el techo sin destacar de modo especial. La aspiración se realiza por el centro de la rejilla y dispone de 4 salidas laterales regulables que permiten abriéndolas o cerrándolas a voluntad, obtener una perfecta distribución del aire en el local

### 7.5.1. NUMERO DE ELEMENTOS A COLOCAR EN CADA RECINTO

RECINTO	Q <sub>o</sub> (W)	Pot/elem(W)	Nº elementos	°Q(W)
Pista polideportiva, Usos múltiples	224080,54	58600 3200	4(pista) 2(us. Mult)	240800
Almacén	2246,6	-	-	-
Sala de instalaciones	1780,84	-	-	-
Vestuario 6	5824,36	6330	1	6300
Vestuario 5	5824,36	6330	1	6300
Pasillo de entrada	3625,42	4120	1	4120
Aseos P.Baja	4253,75	3200	2	6400
Vestuario 4	8018,68	8660	1	8660
Vestuario 3	8018,68	8660	1	8660
Vestuario 2	8018,68	8660	1	8660
Vestuario 1	8538,06	8660	1	8660
Vestuario 7	6963,34	7550	1	7550
Vestuario 8	7089,6	7550	1	7550
Pasillo P.Primer	4030,8	4120	1	4120
Aseos P.Primer	2816,4	3200	1	3200
Despacho	2198,1	3200	1	3200

## 7.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

### 7.6.1. DIAMETROS Y PÉRDIDAS DE CARGA EN TRAMOS RECTOS

Una vez realizado el diseño de la instalación de calefacción tanto de la pista polideportiva como de las dos plantas de vestuarios, se procede



dimensionar las tuberías por donde se transporta el agua caliente de ida y de vuelta. Teniendo en cuenta el caudal que pasara por cada tramo, podremos hallar el diámetro de cada tubería y las pérdidas de carga de cada tramo de tubería. El método de cálculo está especificado con más detalle en el documento memoria.

Conocido el caudal, hay que determinar ahora los diámetros de las tuberías de manera que la instalación funcione correctamente. No se puede superar la velocidad de 2m/s en las tuberías por motivos de ruidos y vibraciones y se recomienda, que la pérdida de carga no exceda de los 0,04 m.c.a. (400Pa) por metro lineal de tubo.

Los diámetros se escogen del diagrama para tuberías de cobre en función de los parámetros más importantes: diámetro, velocidad y caudal. Se elige el cobre como material adecuado para la instalación por sus propiedades y buen rendimiento.

TRAMO	CAUDAL (l/h)	DIAMETRO (mm)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDAS DE CARGA(Pa/m)
<b>CIRCUITO I</b>				
A-B (IDA)	10000	54	1,3	200
Tub.aerotermino	2500	35	0,75	170
B-C (IDA)	7500	54	0,95	150
Tub.aerotermino	2500	35	0,75	170
C-D (IDA)	5000	42	0,9	180
Tub.aerotermino	2500	35	0,75	170
D-E (IDA)	2500	35	0,75	170
E'-D' (RET)	2500	35	0,75	170
Tub.aerotermino	2500	35	0,75	170
D'-C'(RET)	5000	42	0,9	180
Tub.aerotermino	2500	35	0,75	170
C'-B'(RET)	7500	54	0,95	150

Tub.aerotermo	2500	35	0,75	170
B'-A'(RET)	1000	54	1,3	200
<b>CIRCUITO II</b>				
A-F (IDA)	5080	42	0,9	180
Tub.fancoil	557	18	0,6	200
F-G (IDA)	4523	42	1	200
Tub.fancoil	557	18	0,6	200
G-H (IDA)	3966	42	0,9	180
H-1 (IDA)	360	16	0,5	200
H-I (IDA)	3606	42	0,8	130
Tub.fancoil	305	16	0,4	130
I-2 (IDA)	305	16	0,4	130
I-J (IDA)	2996	35	0,95	200
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
J-K (IDA)	2247	35	0,65	120
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
K-L (IDA)	1498	28	0,7	170
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
L-M (IDA)	749	22	0,6	160
M'-L'(RET)	749	22	0,6	160
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
L'-K' (RET)	1498	28	0,7	170
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
K'-J'(RET)	2247	35	0,65	120
Tub.fancoil	749	22	0,6	160
J'-I' (RET)	2996	35	0,95	200

Tub.fancoil	305	16	0,4	130
2'-I' (RET)	305	16	0,4	130
I'-H' (RET)	3606	42	0,8	130
Tub.fancoil	360	16	0,45	200
1'-H' (RET)	360	16	0,45	200
H'-G' (RET)	3966	42	0,9	180
Tub.fancoil	0,557	18	0,6	200
G'-F' (RET)	4523	42	1	200
Tub.fancoil	0,557	18	0,6	200
F'-A'(RET)	5080	42	0,9	180
<b>CIRCUITO III</b>				
A-N (IDA)	2908	42	0,95	200
Tub.fancoil	664	22	0,5	150
N-O (IDA)	2244	35	0,65	120
O-3 (IDA)	360	18	0,4	100
O-P (IDA)	1884	35	0,6	130
Tub.fancoil	664	22	0,5	150
P-Q (IDA)	1220	28	0,5	110
Q-4 (IDA)	305	18	0,35	70
Q-R (IDA)	915	28	0,65	200
Tub.fancoil	305	18	0,35	70
R-S (IDA)	610	22	0,45	110
Tub.fancoil	305	18	0,35	70
S-T (IDA)	305	18	0,35	70
T'-S' (RET)	305	18	0,35	70
Tub.fancoil	305	18	0,35	70

S'-R' (RET)	610	22	0,45	110
Tub.fancoil	305	18	0,35	70
R'-Q' (RET)	915	22	0,65	200
4'-Q' (RET)	305	18	0,35	70
Q'-P'(RET)	1220	28	0,5	110
Tub.fancoil	664	22	0,5	150
P'-O' (RET)	1884	35	0,6	130
3'-O'(RET)	360	18	0,4	100
O'-N'(RET)	2244	35	0,95	200
Tub.fancoil	664	22	0,5	150
N'-A' (RET)	2908	42	0,95	200

### 7.6.2. ELECCION DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA CALIENTE DE LA CALEFACCION.

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas por altura, las pérdidas de los tramos rectos y accesorios de las tuberías más las pérdidas de los emisores correspondientes.

En nuestro caso analizaremos los tres circuitos de calefacción para tener claro cuál es el tramo más desfavorable y así también poder comprobar si los circuitos están equilibrados.

#### - *Perdidas de altura*

En nuestro tramo a estudiar la pérdida de altura será en el caso del CIRCUITO I, la altura que hay desde la sala de calderas, en la que está situada la bomba, hasta la altura de montaje de los aerotermos de la pista polideportiva.

Perdida de altura del CIRCUITO I  $\rightarrow$  3,5 m.c.a.

En el caso del CIRCUITO II la altura será la que hay entre la sala de calderas y el falso techo de la planta baja:

Perdida de altura del CIRCUITO II  $\rightarrow$  2,8 m.c.a.

En el caso del CIRCUITO III la altura será la que hay entre la sala de calderas y el falso techo de la planta primera:

Perdida de altura del CIRCUITO III  $\rightarrow$  5,9 m.c.a.

- **Pérdida de carga en tramos rectos y accesorios de las tuberías en el CIRCUITO I.**

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200 Pa/m y 50 Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación.

*Tramos rectos:*

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

### **-CIRCUITO I**

Tramos	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
A-B	10000	54	200	24,62	4954
Tub.aerotermino	2500	35	170	0,4	68

B-C	7500	54	150	21,2	3180
Tub.aerotermino	2500	35	170	0,4	68
C-D	5000	42	180	21,8	3924
Tub.aerotermino	2500	35	170	0,4	68
D-E	2500	35	170	20,4	3468
<b>Total</b>					<b>15730 Pa</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow$  14300 Pa  $\rightarrow$  **1,605 m.c.a.**

**-Accesorios:**

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
A-B	54	4 válvulas	0,62	2,48
		4 T	5,2	20,8
		8 curvas 90°	1,35	10,4
Tub.aerotermino	35	2 válvula	0,39	0,78
B-C	54	2 T	5,2	10,4
Tub.aerotermino	35	2 válvula	0,39	0,78
C-D	42	2 T	0,52	1,04
Tub.aerotermino	35	2 válvula	0,39	0,78
D-E	35	4 curvas	0,90	3,6
		2 válvula	0,39	0,78

	<b>Total</b>	<b>54,24 mm.c.a.</b>
--	--------------	----------------------

Pérdida de carga  $\rightarrow$  54,24 mm.c.a  $\rightarrow$  **0,054 m.c.a.**

**-Pérdida de carga en tramos rectos y accesorios de las tuberías en el CIRCUITO II.**

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200 Pa/m y 50 Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación.

**-Tramos rectos:**

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

**-CIRCUITO II**

Tramos	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
A-F	5080	42	180	10,64	1915,2
Tub.fancoil	557	18	200	0,4	80
F-G	4523	42	200	8,74	1748
Tub.fancoil	557	18	200	0,4	80
G-H	3966	35	300	5,8	1740
H-1	360	16	200	2'8	560
H-I	3606	35	300	5,84	1752
Tub.fancoil	305	16	130	0,4	80
I-2	305	16	130	7,44	967,2
I-J	2996	35	200	7,78	1556

Tub.fancoil	749	22	160	0,4	80
J-K	2247	28	250	17,84	4460
Tub.fancoil	749	22	160	0,4	80
K-L	1498	28	170	11,19	1902,3
Tub.fancoil	749	22	160	0,4	80
L-M	749	22	160	18,1	2896
				<b>Total</b>	<b>19976,7 Pa</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow$  19976 Pa  $\rightarrow$  **2,04 m.c.a**

#### **-Accesorios:**

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
A-F	42	2 válvulas	0,47	0,94
		4 T	0,52	2,08
Tub.fancoil	18	2 válvula	0,2	0,4
F-G	42	2 T	0,52	1,04
Tub.fancoil	18	2 válvula	0,2	0,4
G-H	35	2 T	0,43	0,86
H-I	16	2 válvulas	0,19	0,38
		2 curvas 90°	0,36	0,72
H-I	35	2 T	0,43	0,86
Tub.fancoil	16	2 válvula	0,19	0,38



I-2	16	2 válvulas	0,19	0,38
I-J	35	2 T	0,43	0,86
Tub.fancoil	22	2 válvula	0,23	0,46
J-K	28	2 T	0,33	0,66
Tub.fancoil	22	2 válvula	0,23	0,46
K-L	28	2 T	0,33	0,66
Tub.fancoil	22	2 válvula	0,23	0,46
L-M	22	2 válvulas	0,23	0,46
		2 curvas 90°	0,51	1,02
			<b>Total</b>	<b>14,04 mm.c.a</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow$  14,04 mm.c.a  $\rightarrow$  **0,014 m.c.a.**

***-Pérdida de carga en tramos rectos y accesorios de las tuberías en el CIRCUITO III.***

Los diámetros de las tuberías de cobre se han escogido de manera que la pérdida de carga en todos los tramos rectos esté comprendida entre 200 Pa/m y 50 Pa/m para un correcto funcionamiento de la instalación.

***-Tramos rectos:***

En nuestro caso el tramo más desfavorable será el que a continuación se estudia ya que se trata del tramo más alejado, siendo así las pérdidas más elevadas dadas las longitudes de las tuberías. La longitud escrita en la tabla es la suma de la ida y el retorno para cada tramo (ver planos).

**-CIRCUITO III**

Tramos	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Pérdida de carga/metro (Pa/m)	Longitud (m)	Pérdida de carga (Pa)
A-N	2908	42	80	35,08	2806,4
Tub.fancoil	664	22	150	0,4	60
N-O	2244	35	120	8,87	1064,4
O-3	360	18	110	5	550
O-P	1884	35	130	6,73	874,9
Tub.fancoil	664	22	150	0,4	60
P-Q	1220	28	110	5,8	638
Q-4	305	18	70	3,88	271,6
Q-R	915	28	70	4,63	324,1
Tub.fancoil	305	18	70	0,4	28
R-S	610	22	110	16,44	1808
Tub.fancoil	305	18	70	0,4	28
S-T	305	18	70	28,3	1981
<b>Total</b>					<b>10454,4Pa</b>

Pérdida de carga  $\rightarrow 10454,4 \text{ Pa} \rightarrow 1,06 \text{ m.c.a}$

**-Accesorios:**

Se detallan a continuación los accesorios que componen cada tramo de tubería calculando así sus pérdidas según el diámetro de cada tubería.

El término 'válvulas' de la tabla siguiente engloba las válvulas de esfera, válvulas de seguridad y válvulas de equilibrado.

Tramos	Diámetro exterior (mm)	Cantidad y tipo accesorio	Pérdida de carga (mm.c.a.)	Suma pérdida de carga (mm.c.a.)
A-N	42	4 válvulas	0,48	1,92
		4 T	0,43	1,72
		8 curvas 90°	0,89	7,12
Tub.fancoil	22	2 válvula	0,23	0,46
		2 curvas 90°	0,5	1
N-O	35	2 T	0,43	0,86
O-3	18	2 válvulas	0,21	0,42
O-P	35	2 T	0,43	0,86
Tub.fancoil	22	2 válvulas	0,23	0,46
P-Q	28	2 T	0,33	0,66
Q-4	18	2 válvulas	0,21	0,42
Q-R	28	2 T	0,33	0,66
Tub.fancoil	18	2 válvulas	0,21	0,42
R-S	22	2 T	0,24	0,48
Tub.fancoil	18	2 válvulas	0,21	0,42
S-T	18	2 válvulas	0,21	0,42
		2 curvas 90°	0,36	0,72
		<b>Total</b>	<b>18,3 mm.c.a</b>	

Pérdida de carga  $\rightarrow$  18,2 mm.c.a  $\rightarrow$  **0,018 m.c.a.**

### **-SUMA DE PÉRDIDAS EN CADA CIRCUITO Y EQUILIBRADO DE LA INSTALACIÓN.**

Estas se harán contando también las perdidas en cada emisor de calor, siendo las del *CIRCUITO I* 20 m.c.a., las del *CIRCUITO II* 23 m.c.a. y las del *CIRCUITO III* 12 m.c.a.

La suma total será :

CIRCUITO I:  $3,5 + 1.605 + 0,054 + 20 = \mathbf{24,2 \text{ m.c.a.}}$

CIRCUITO II:  $2,8 + 2,04 + 0,014 + = \mathbf{27,8 \text{ m.c.a.}}$

CIRCUITO III:  $5,9 + 1,06 + 0,018 + 12 = \mathbf{19 \text{ m.c.a.}}$

La media de los tres circuitos será: **23,7 m.c.a.**

$$23,7 + 0,2 * 23,7 = \underline{28,44 \text{ m.c.a.}}$$

$$23,7 - 0,2 * 23,7 = \underline{18,9 \text{ m.c.a.}}$$

Se puede afirmar que los circuitos están más o menos equilibrados ya que de la media que hacen entre los tres, es de 23,7 m.c.a. y aplicándole a esta pérdida un 15-20% por arriba y por debajo, se aprecia que los tres circuitos estarán en el intervalo admisible.

### ***-BOMBA SELECCIONADA PARA CALEFACCIÓN.***

La bomba ha de ser capaz de mantener el caudal requerido en cada tramo del circuito. Para ello debe poder suministrar la pérdida de carga que se produzca en la instalación.

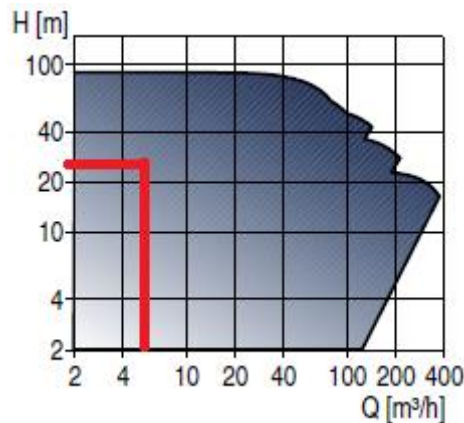
Esa pérdida de carga es la que corresponde al punto más alejado y desfavorable de la instalación, L y es el resultado de sumar las pérdidas por altura, las pérdidas de los tramos rectos, accesorios de las tuberías y pérdidas en emisores de calor.

En nuestro caso según el estudio o cálculo que hemos realizado, nos sale que el tramo más desfavorable, será el CIRCUITO II, teniendo en cuenta todos los parámetros descritos anteriormente.

*CIRCUITO II:*

La pérdida de carga es: **27,8 m.c.a.** y el caudal del circuito: **5,08 m<sup>3</sup>/h**

Con estos dos datos elegiremos el tipo de bomba:



Se escoge la bomba **TPE Serie 2000**. Se colocarán dos bombas en paralelo para evitar que la instalación se quede sin suministro en caso de avería o mantenimiento y funcionarán alternativamente

### 7.6.3. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN.

La instalación solar se ha diseñado como circuito cerrado, incorporando un depósito de expansión también cerrado. Dicho depósito está preparado para expandirse cuando se eleva la presión del circuito a causa del aumento de la temperatura del agua.

La expresión para el dimensionamiento del vaso de expansión cerrado para una instalación de agua caliente es la siguiente:

$$V_t = V_{inst} * C_e * C_p$$

Dónde:

$V_t$  = Capacidad total del circuito primario.

$C_e$  = Coeficiente de dilatación del agua a 90 °C, siendo  $C_e = 0,036$

$C_p$  = Coeficiente de presión del gas, siendo  $C_p = \frac{1}{1 - \frac{P_m}{P_M}}$  ;  $C_p = 1,5$

$P_m$  = Presión mínima de funcionamiento, 1 bar

$P_M$  = Presión máxima de funcionamiento, 3 bar

El volumen total será la suma del volumen de agua de todos los emisores de calor más la suma del agua en las tuberías.

- Volumen en los emisores: 7 litros por aerotermo \* 4 unidades = **21 litros**
- Volumen de todos los Fan-coils: **23'2 litros**

- Volumen en tuberías:  $140,91 + 65,55 + 68,92 = 275,38$  litros

Tramos (I)	Diámetro(mm)	Sección(m)	Longitud(m)	Volumen(l)
A-B	54	$2,04 \cdot 10^{-3}$	24,62	50,22
Tub.aerothermo	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,32
B-C	54	$2,04 \cdot 10^{-3}$	21,2	43,25
Tub.aerothermo	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,32
C-D	42	$1,38 \cdot 10^{-3}$	21,8	30,08
Tub.aerothermo	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,32
D-E	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	20,4	16,4
<b>Total (circ.l)</b>				<b>140,91 l</b>

Tramos (II)	Diámetro(mm)	Sección(m)	Longitud(m)	Volumen(l)
A-F	42	$1,38 \cdot 10^{-3}$	10,64	14,68
Tub.fancoil	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,08
F-G	42	$1,38 \cdot 10^{-3}$	8,74	12,06
Tub.fancoil	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,08
G-H	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	5,8	4,66
H-1	16	$1,54 \cdot 10^{-4}$	2,8	0,43
H-I	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	5,84	4,69
Tub.fancoil	16	$1,54 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,06
I-2	16	$1,54 \cdot 10^{-4}$	7,44	1,14
I-J	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	7,78	6,25
Tub.fancoil	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,125
J-K	28	$5,3 \cdot 10^{-4}$	17,84	9,47
Tub.fancoil	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,125

K-L	28	$5,3 \cdot 10^{-4}$	11,19	5,9
Tub.fancoil	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,125
L-M	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	18,1	5,68
<b>Total (circ.II)</b>				<b>65,55</b>

<b>Tramos (III)</b>	<b>Diámetro(mm)</b>	<b>Sección(m)</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Volumen(l)</b>
A-N	42	$1,38 \cdot 10^{-3}$	35,08	48,41
Tub.fancoil	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,125
N-O	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	8,87	7,13
O-3	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	5	1
O-P	35	$8,04 \cdot 10^{-4}$	6,73	5,41
Tub.fancoil	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,125
P-Q	28	$5,3 \cdot 10^{-4}$	5,8	0,3
Q-4	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	3,88	0,78
Q-R	28	$5,3 \cdot 10^{-4}$	4,63	0,24
Tub.fancoil	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,08
R-S	22	$3,14 \cdot 10^{-4}$	16,44	5,16
Tub.fancoil	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	0,4	0,08
S-T	18	$2,01 \cdot 10^{-4}$	28,3	0,08
<b>Total (circ.III)</b>				<b>68,92</b>

Haciendo la suma nos da un volumen total de todo el circuito:

$$21 + 23,2 + 275,38 = \mathbf{319,58 \text{ litros}}$$

Aplicando la formula anterior que esta sacada de la norma UNE 100155 para vasos de expansión cerrados, nos dará el siguiente volumen de vaso de expansión:

$$V_t = 319,58 * 0,036 * 1,5 = \mathbf{17,25 \text{ litros}}$$

Así pues, el vaso de expansión seleccionado será el modelo **AMR 35** de la marca **Ibaiondo**. Este tendrá una capacidad nominal de 35 litros, ya que por lo menos tiene que tener un dimensionamiento entre el 6 - 10% del volumen de agua del circuito entero.

## 8. CALCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA CALDERA

### 8.1. POTENCIA NECESARIA PARA LA CALEFACCION

Según el manual comercial de **Ferrolí**, esta será la suma del calor total que existirá en cada habitación (potencia de los emisores) más el calor que proporcionan las tuberías por donde circula el agua.

Para conseguir el valor del calor en las tuberías es válido considerar que serán como máximo el 5% de la potencia útil instalada, es decir, del calor de todos los emisores, según la normativa IT.IC.04.4.

$$P = (\Delta Q_{\text{EMISORES}} + \Delta Q_{\text{TUBERIAS}})$$

$$\Delta Q_{\text{EMISORES}} = 317,840 \text{ KW}$$

$$\Delta Q_{\text{TUBERIAS}} = 317,840 * 0,05 = 15,892 \text{ KW}$$

$$P = \mathbf{333,732 \text{ KW}}$$

### 8.2. POTENCIA NECESARIA PARA A.C.S.

La potencia calorífica de la caldera debe ser la necesaria para elevar el agua fría de entrada de los 10 °C que hemos supuesto a los 60 °C que debe alimentar al acumulador.

$$P = V * (t_f - t_i)$$

Siendo V el volumen del acumulador



Por otro lado se supone que antes de utilizar el agua caliente se dispone un periodo de tiempo para efectuar el calentamiento de acumulador, y según normativa, nos dice que debe de ser de dos horas la potencia de la caldera:

$$P = V * (t_f - t_i) / 2 \text{ (Kcal/h; se convertirá a KW)}$$

A este valor se le debe incrementar un 15% debido a las pérdidas de calor del agua durante la circulación por las tuberías.

$$P = 3000 * (60-10) / 2 = 75000 \text{ Kcal/h} * 1,16 = 87000 \text{ W} = 87 \text{ KW}$$

$$P = 87 * 1,15 = \mathbf{100,05 \text{ KW}}$$

### 8.3. POTENCIA TOTAL DE LA CALDERA

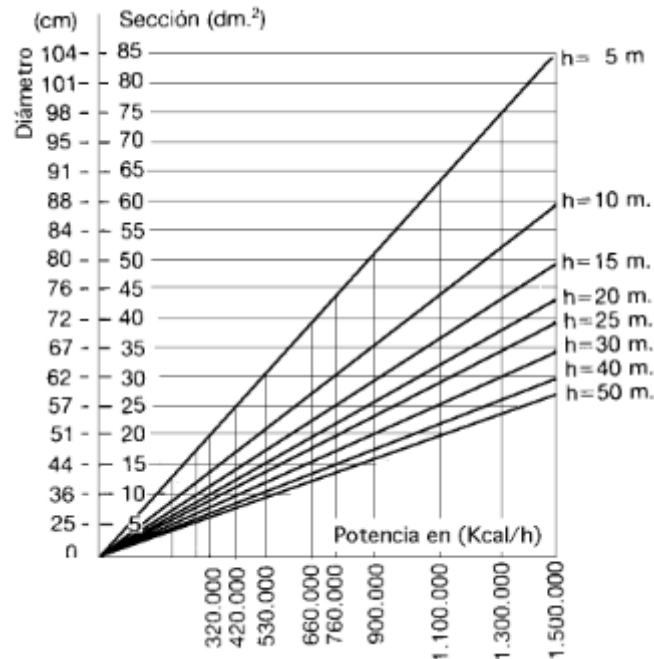
La potencia total será la requerida para satisfacer las necesidades de calefacción y de A.C.S. será la suma de la potencia necesaria para ambas:

$$P = 333,732 + 100,05 = \mathbf{433,782 \text{ KW}}$$

Elegiremos la **caldera PREXTHERM RSH GN-GP 2S-M (600)** de la marca **FERROLI**,

#### 8.3.1. SALIDA DE HUMOS DE LA CALDERA

El cálculo de la sección del conducto de evacuación de humos se va a calcular siguiendo las recomendaciones de la siguiente tabla para el cálculo de chimeneas:



En el cual podemos apreciar que para nuestra caldera que es de **510000 Kcal/h** y la altura a la que deberá evacuar los humos, que en nuestro caso serán unos **10 metros**, necesitaremos una chimenea con un diámetro mínimo de **350 mm**.

### 8.3.2. CAUDAL NECESARIO DE GAS NATURAL

Esta es una instalación que llega a la acometida y previo paso por el contador suministra de gas natural a la caldera.

La caldera TRISTAR de la marca ROCA, de potencia térmica útil 477 kW es suficiente para las necesidades de consumo de A.C.S. y calefacción.

El caudal máximo probable de la caldera se calcula de la siguiente manera:

$$Q = P_{\text{caldera}} / PCS$$

Siendo:

$Q$ : Caudal en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

$P$ : Potencia de la caldera en Kcal/h.

$PCS$ : Poder calorífico superior del gas natural,  $9500\text{Kcal}/\text{m}^3$ .

$$410000/9500\text{m}^3/\text{h} \rightarrow \mathbf{43,16\text{ m}^3/\text{h}}$$

Para este caudal, se elige un armario de regulación en **ARMARIO BI 50** caudal 50 m<sup>3</sup>/hora para gas natural y un contador de **turbina G40** de la marca **EURO-COBIL**.

TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO.**

Pamplona, Febrero de 2015.

Firmado:

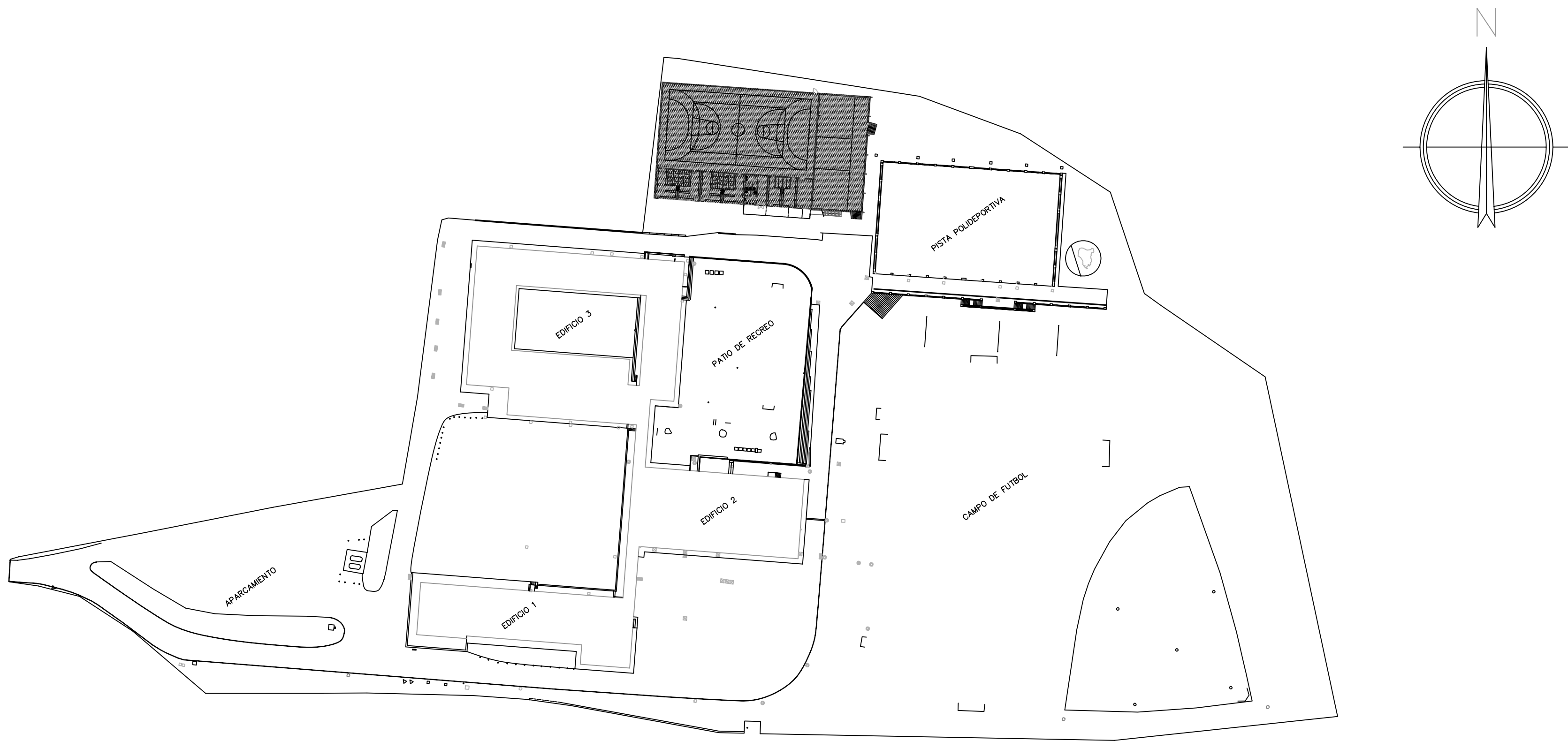
Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



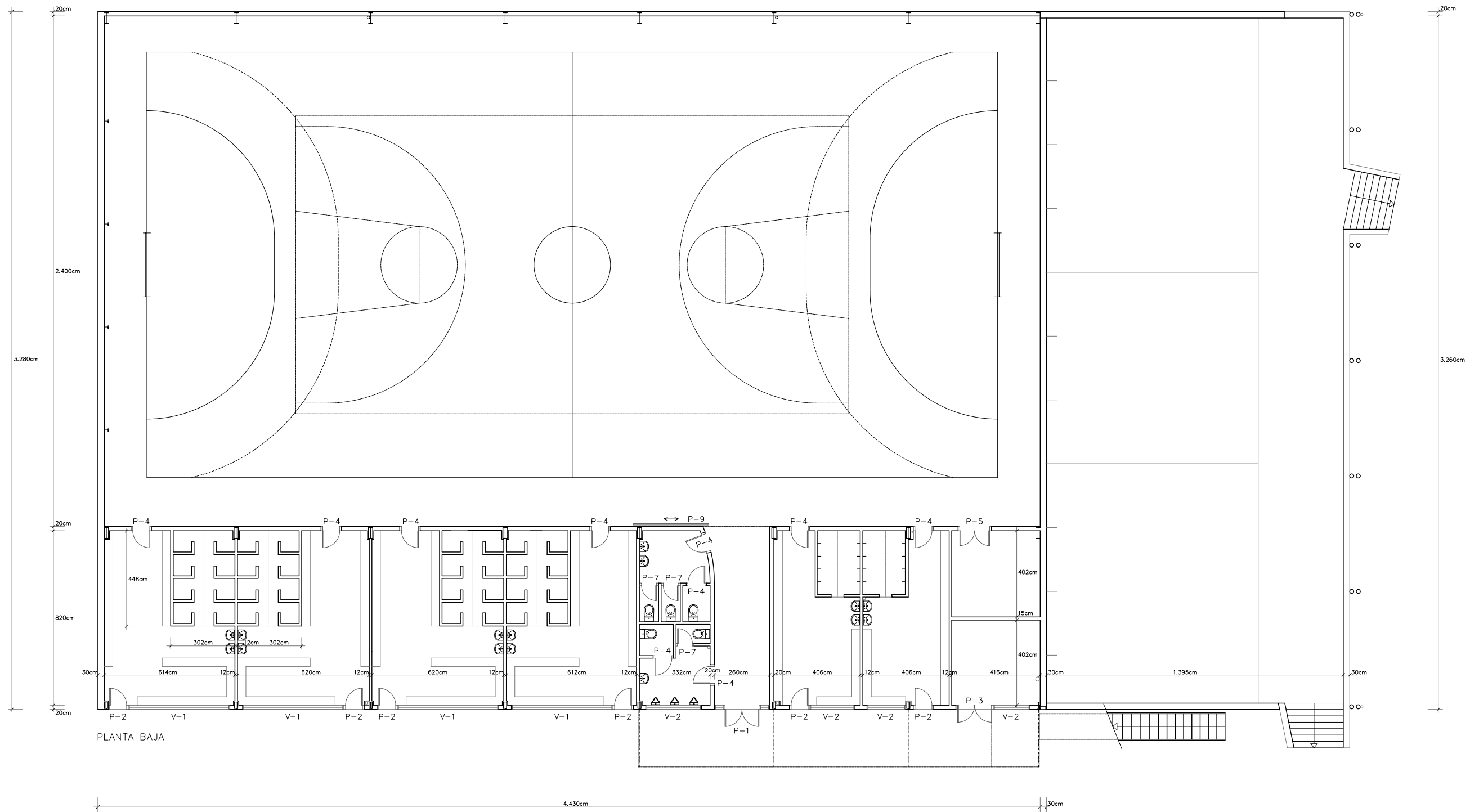


<b>upna</b> <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>	REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>		FIRMA:	
			FECHA: 12-02-15	
PLANO:	<b>SITUACION</b>		ESCALA:	Nº PLANO:
			-	1




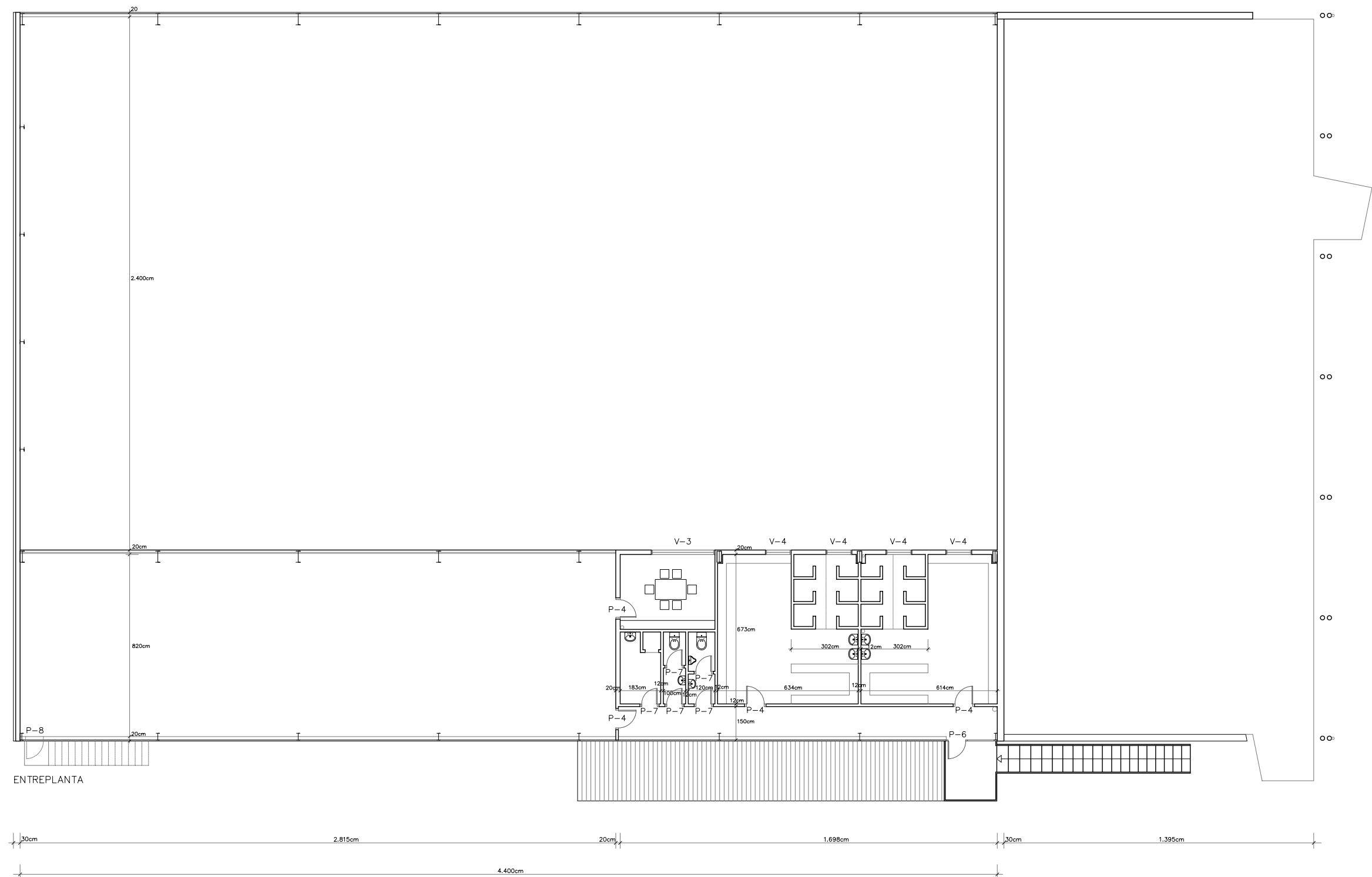



<b>upna</b> <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>		REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>		
PLANO: <b>EMPLAZAMIENTO</b>		FIRMA:		
		FECHA: 12-02-15	ESCALA: 1:1.000	Nº PLANO: 2



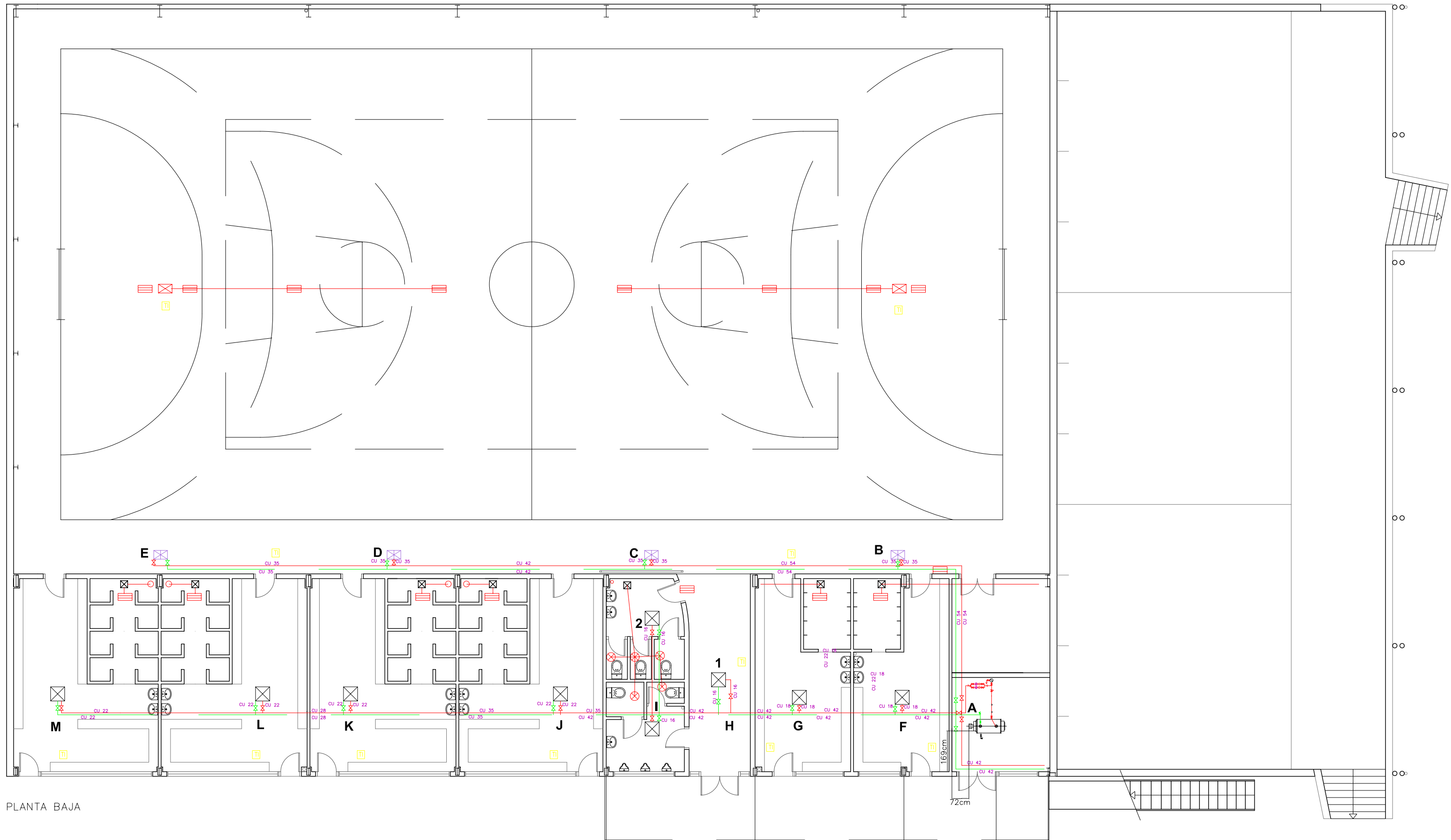
PLANTA BAJA

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>		REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>		
PLANO: <b>DISTRIBUCION PLANTA BAJA</b>		FIRMA:		
		FECHA: 12-02-15	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 3

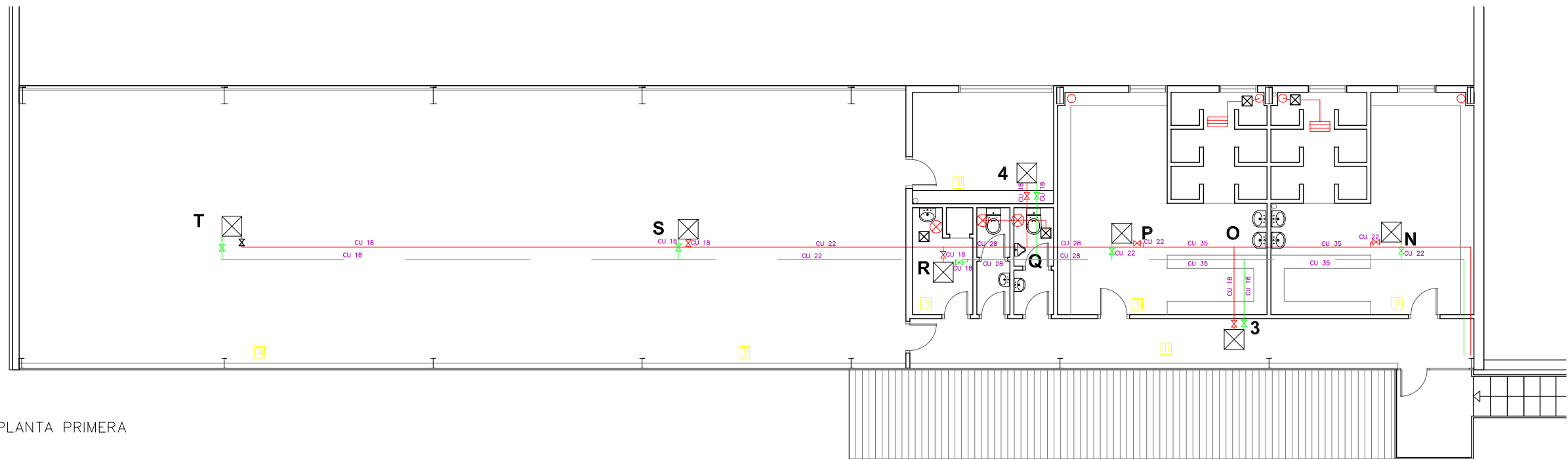


 <b>upna</b> Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>			REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>		
			FIRMA:		
PLANO: <b>DISTRIBUCION PLANTA PRIMERA</b>			FECHA: 12-02-15	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 4





PLANTA BAJA



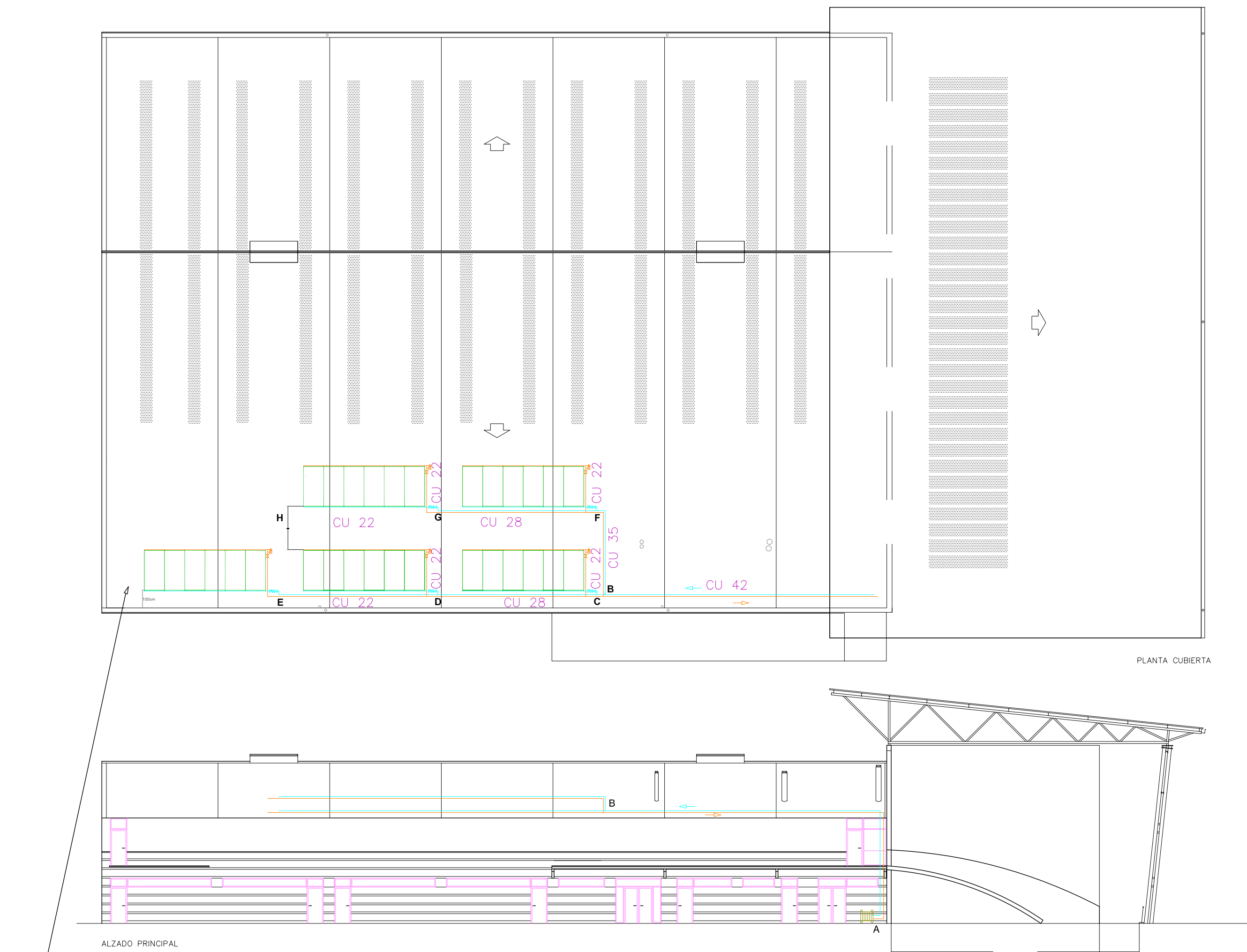
PLANTA PRIMERA

LEYENDA MATERIALES, TUBERIAS DE CALEFACCION	
CU 18:	Cobre    Diámetro exterior (mm)

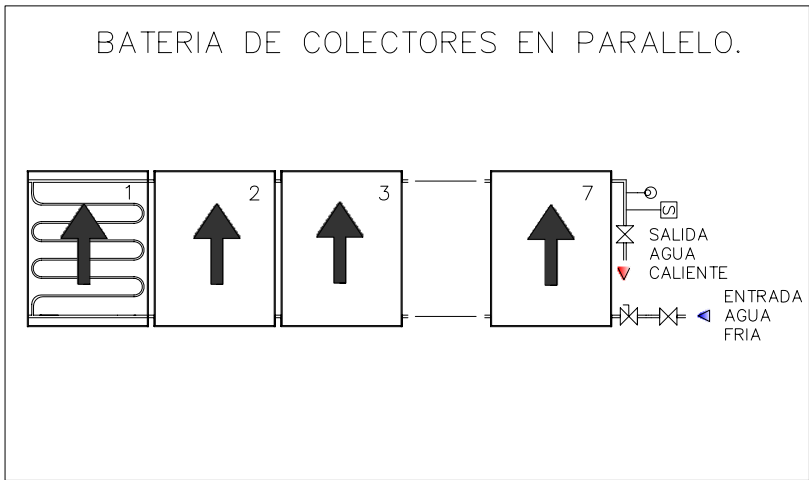
LEYENDA CIRCUITOS	
<span style="color: red;">—</span>	CIRCUITO IDA CALEFACCION
<span style="color: green;">—</span>	CIRCUITO RETORNO CALEFACCION
	AEROTERMO DE CANCHA
	FANCOILS VESTUARIOS
	TERMOSTATOS
	EXTRACTORES
	EXTRACTOR DE CANCHA
	REJILLA DE ALUMINIO
	BOCA DE EXTRACCION

LEYENDA ELEMENTOS DE REGULACIÓN	
	VALVULA DE ESFERA
	VALVULA ANTI-RETORNO
	VALVULA DE EQUILIBRADO
	VALVULA DE SEGURIDAD
	FILTRO
	SONDA
	PURGADOR
	MANOMETRO
	TERMOMETRO
	LLAVE VACIADO

	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO		REALIZADO: ARAMENDÍA DEL VAL ANDER	
PLANO: INSTALACION DE CALEFACCION		FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA: N° PLANO:
		12-02-15	1:150 5



COLECTORES  
SOLARES

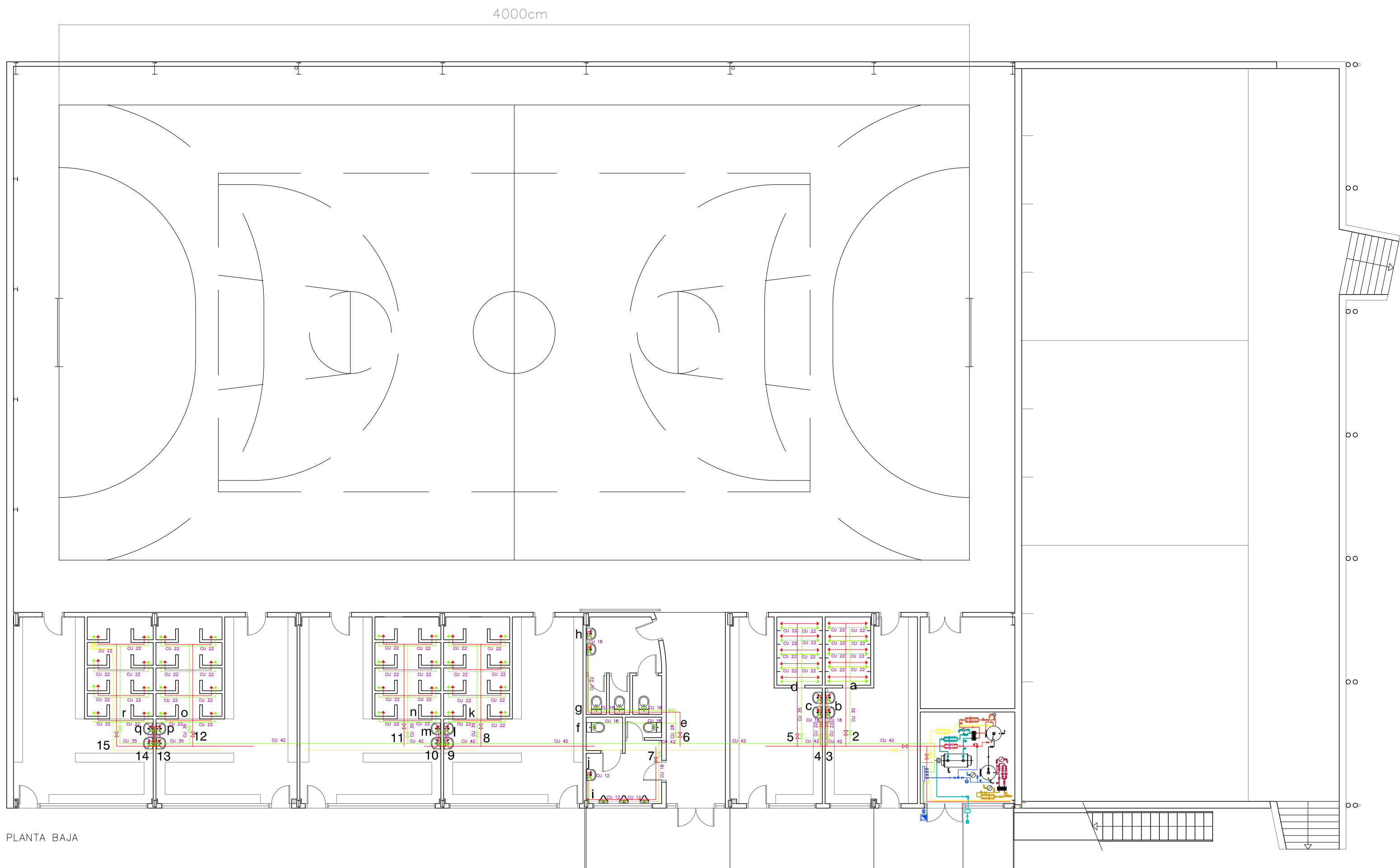


LEYENDA ELEMENTOS DE REGULACIÓN	
	VALVULA DE ESFERA
	VALVULA DE EQUILIBRADO
	SONDA
	PURGADOR
	MANOMETRO
	TERMOMETRO

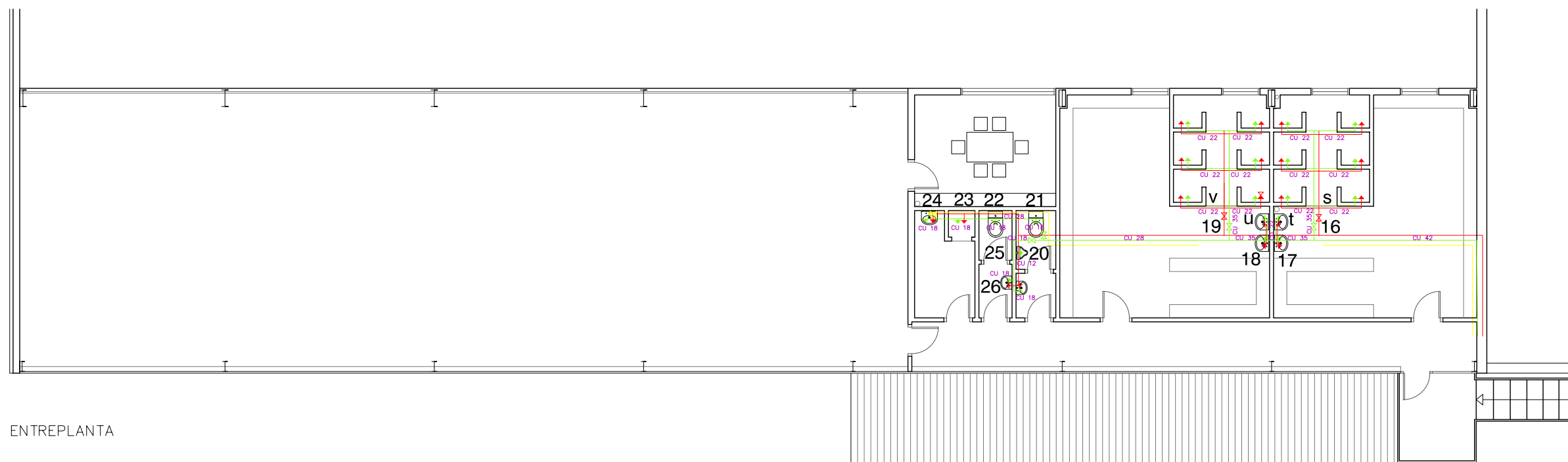
LEYENDA MATERIALES	
CU 28:	Cobre    Diametro exterior (mm)

LEYENDA CIRCUITOS	
	CIRCUITO DE IMPULSION
	CIRCUITO DE RETORNO
	INTERCAMBIADOR 95,32KW

	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO		REALIZADO: ARAMENDÍA DEL VAL ANDER	
PLANO: CUBIERTA, COLECTORES SOLARES		FIRMA:	
		FECHA: 12-02-15	ESCALA: 1:200
		Nº PLANO: 6	



PLANTA BAJA



ENTREPLANTA

LEYENDA ELEMENTOS DE REGULACIÓN

- VALVULA DE ESFERA
- VALVULA ANTI-RETORNO
- VALVULA DE EQUILIBRADO
- VALVULA DE SEGURIDAD
- FILTRO
- SONDA
- PURGADOR
- MANOMETRO
- TERMOMETRO
- LLAVE VACIADO

LEYENDA MATERIALES AGUA FRIA

CU 28: Cobre Diametro exterior (mm)

LEYENDA CIRCUITOS

- CIRCUITO IDA A.C.S.
- CIRCUITO RECIRCULACION A.C.S.
- CIRCUITO AGUA FRIA



E.T.S.I.I.T.  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO: **DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR  
PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON  
CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO**

REALIZADO:  
**ARAMENDÍA DEL VAL  
ANDER**

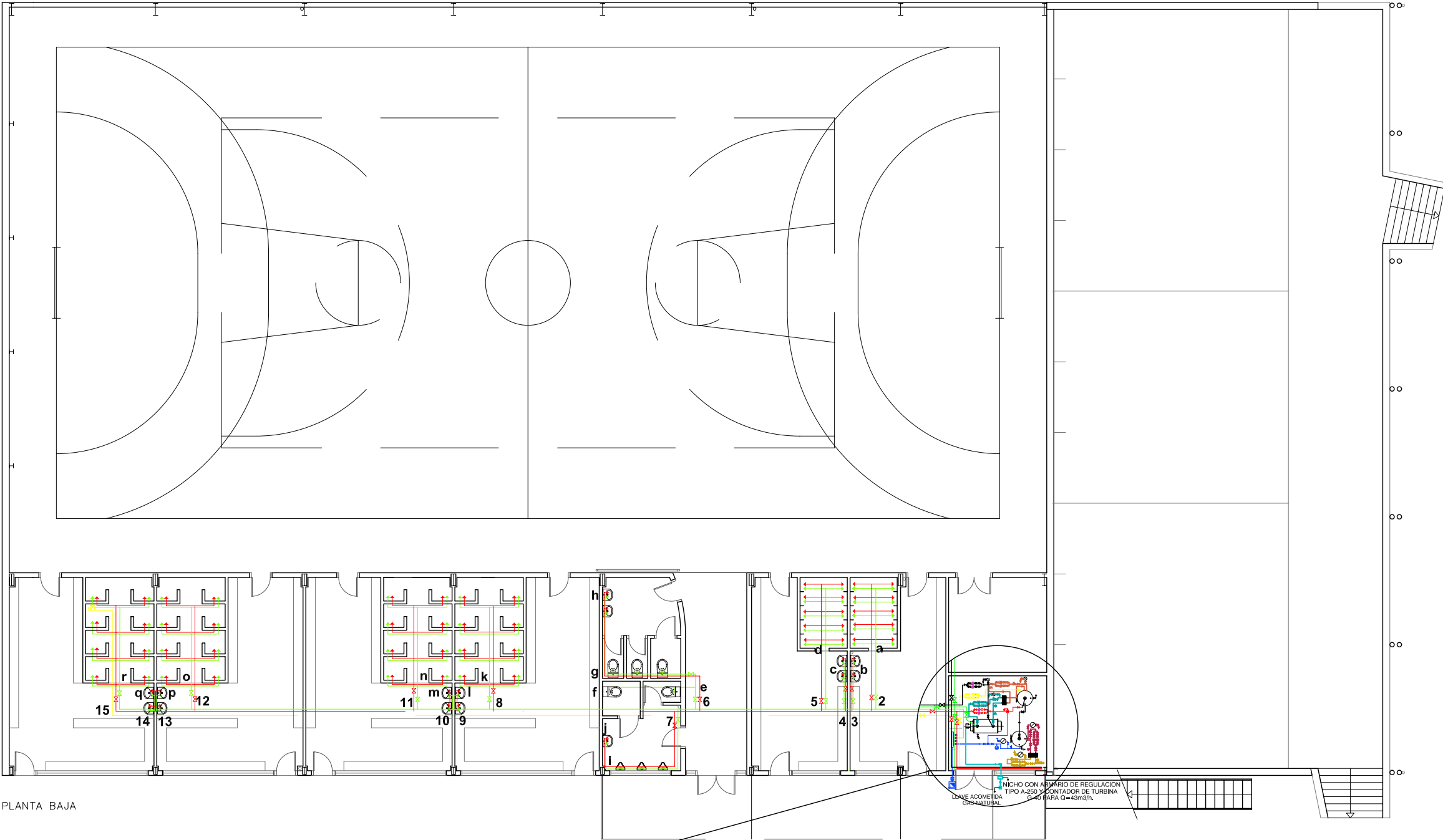
FIRMA:

PLANO:  
**INSTALACION DE CONSUMO DE ACS Y AGUA FRIA**

FECHA: 12-02-15  
ESCALA: 1:150  
Nº PLANO: 7

LEYENDA CIRCUITOS

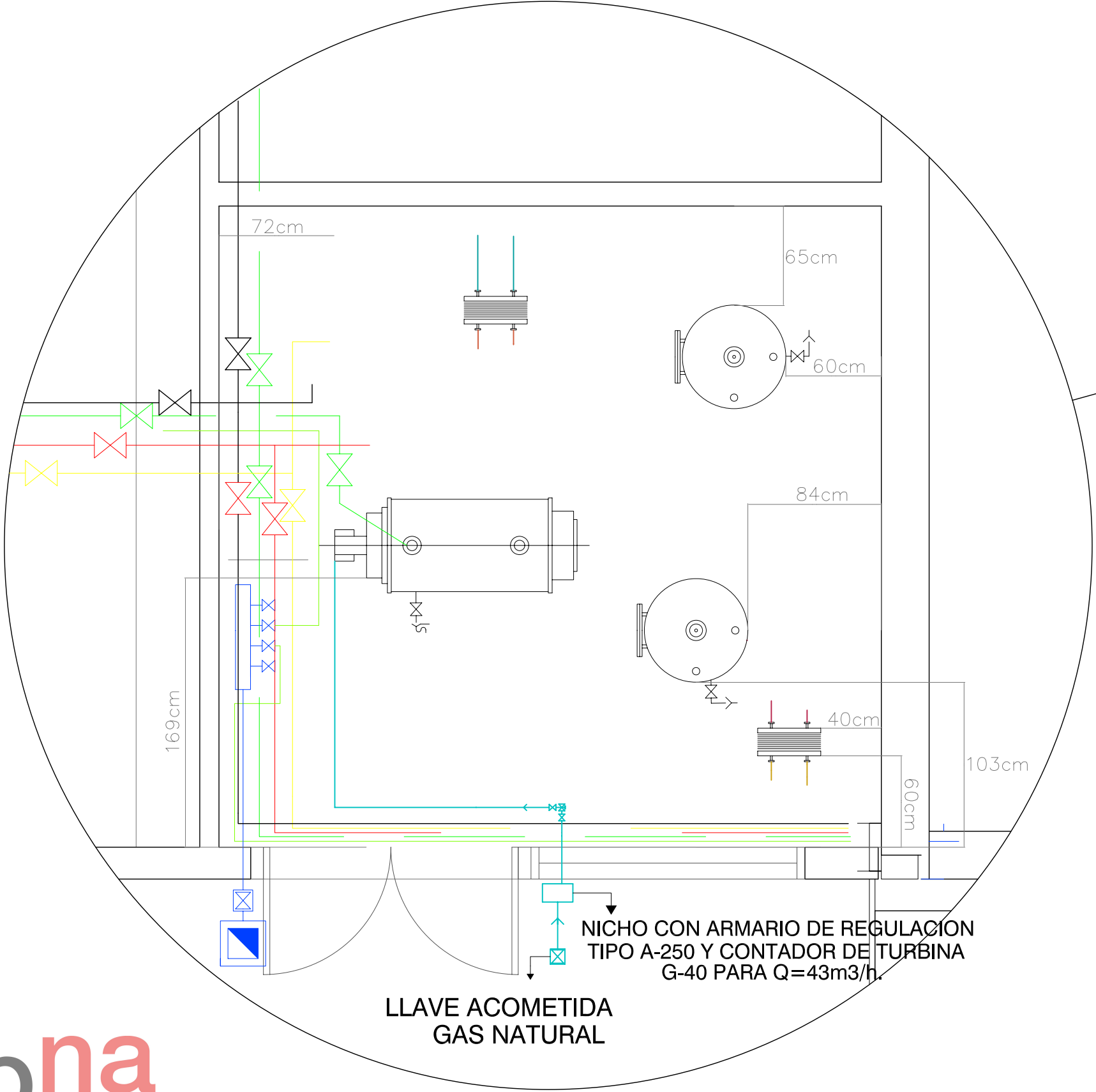
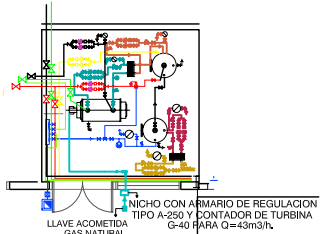
- CIRCUITO 1º SOLAR
- CIRCUITO 2º SOLAR
- CIRCUITO 1º CONVENCIONAL
- CIRCUITO 2º CONVENCIONAL
- CIRCUITO AGUA DE RED
- CIRCUITO IDA A.C.S.
- CIRCUITO RECIRCULACIÓN A.C.S.
- ACOMETIDA GAS NATURAL
- CIRCUITO IDA CALEFACCION
- CIRCUITO RETORNO CALEFACCION



PLANTA BAJA

LEYENDA ELEMENTOS DE REGULACIÓN

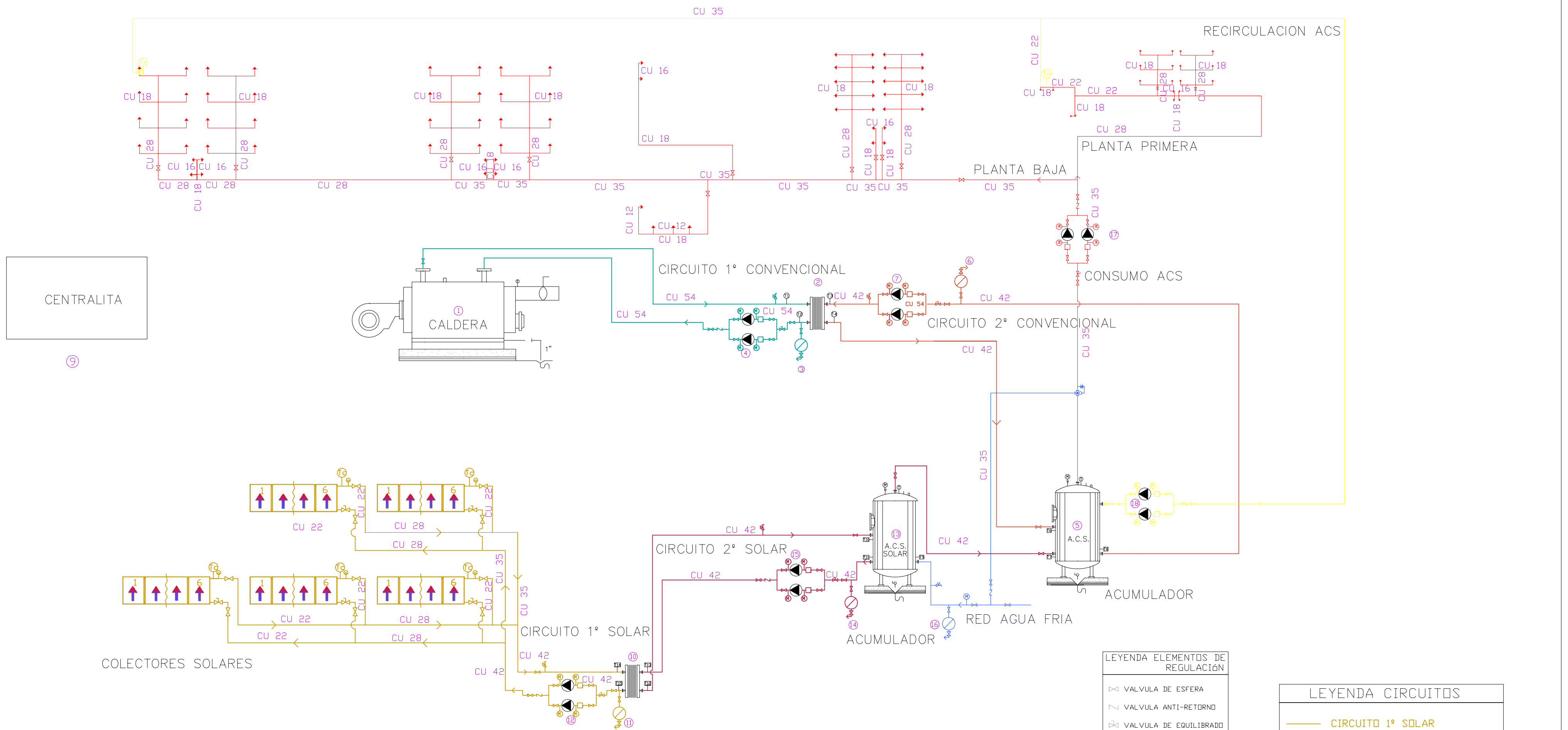
- VALVULA DE ESFERA
- VALVULA ANTI-RETORNO
- VALVULA DE EQUILIBRADO
- VALVULA DE SEGURIDAD
- FILTRO
- SONDA
- PURGADOR
- MANOMETRO
- TERMOMETRO
- LLAVE VACIADO



NICHO CON ARMARIO DE REGULACION  
TIPO A-250 Y CONTADOR DE TURBINA  
G-40 PARA Q=43m3/h.

LLAVE ACOMETIDA  
GAS NATURAL

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
PROYECTO:	<b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>	REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>		
		FIRMA:		
PLANO:	<b>SALA DE INSTALACIONES</b>	FECHA: 12-02-15	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 8




LEYENDA MATERIALES	
CU 28:	Cobre    Diametro exterior (mm)

EQUIPOS		
① CALDERA 600kW	⑦ DOS BOMBAS EN PARALELO UP(S) S-100	⑬ ACUMULADOR DE A.C.S. DE 3000L
② INTERCAMBIADOR 500KW	⑧ CINCO BATERIAS DE 6 COLECTORES DE 6 COLECTORES	⑭ VASO EXPANSION 200L
③ VASO EXPANSION 50L	⑨ CENTRALITA	⑮ DOS BOMBAS EN PARALELO UPS SERIE 100
④ DOS BOMBAS EN PARALELO	⑩ INTERCAMBIADOR 49KW	⑯ VASO EXPANSION
⑤ ACUMULADOR DE A.C.S. DE 3000L	⑪ VASO EXPANSION 20L	⑰ DOS BOMBAS EN PARALELO S-2000
⑥ VASO EXPANSION 200L	⑫ DOS BOMBAS EN PARALELO SERIE 100	⑱ DOS BOMBAS EN PARALELO ALPHA PRO

LEYENDA ELEMENTOS DE REGULACIÓN
⋈ VALVULA DE ESFERA
⋈ VALVULA ANTI-RETORNO
⋈ VALVULA DE EQUILIBRADO
⋈ VALVULA DE SEGURIDAD
□ FILTRO
⊙ Sonda
⊙ PURGADOR
⊙ MANOMETRO
⊙ TERMOMETRO
⋈ LLAVE VACIADO

LEYENDA CIRCUITOS
— CIRCUITO 1º SOLAR
— CIRCUITO 2º SOLAR
— CIRCUITO 1º CONVENCIONAL
— CIRCUITO 2º CONVENCIONAL
— CIRCUITO AGUA DE RED
— CIRCUITO IDA A.C.S.
— CIRCUITO RECIRCULACIÓN A.C.S.

	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO</b>		REALIZADO: <b>ARAMENDÍA DEL VAL ANDER</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA HIDRAULICO ACS</b>		FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA:
		12-02-15	-
		Nº PLANO:	9





## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## ÍNDICE

1 REQUISITOS GENERALES .....	4
1.1.OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	4
1.2. GENERALIDADES.....	4
1.1.1. FLUIDO DE TRABAJO .....	6
1.1.2 PROTECCIÓN CONTRA HELADAS .....	7
1.1.3. SOBRECALENTAMIENTOS.....	9
1.1.4 RESISTENCIA A PRESIÓN .....	10
1.1.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO .....	10
1.1.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS .....	10
2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.....	10
3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA. ....	13
4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.....	15
5. CONFIGURACIONES BÁSICAS.....	18
5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	18
6. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO .....	20
6.1 DIMENSIONADO Y CÁLCULO.....	20
6.1.1 DATOS DE PARTIDA.....	20
6.2. DIMENSIONADO BÁSICO.....	21
6.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	23
6.3.1 GENERALIDADES .....	23
6.3.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, SOMBRAS E INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	23
6.3.3 CONEXIONADO .....	24
6.3.4 ESTRUCTURA SOPORTE .....	24
6.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR .....	25
6.4.1. GENERALIDADES .....	25
6.4.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES.....	26
6.4.3 VARIOS ACUMULADORES .....	27
6.4.4 SISTEMA AUXILIAR EN EL ACUMULADOR SOLAR .....	27
6.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO .....	28
Pliego de condiciones .....	1

6.6. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	29
6.6.1 GENERALIDADES .....	29
6.6.2 TUBERÍAS .....	29
6.6.3 BOMBAS .....	29
6.6.4 VASOS DE EXPANSIÓN.....	30
6.6.5 PURGA DE AIRE .....	30
6.6.6 DRENAJE .....	30
6.7. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL.....	30
6.8. REQUISITOS ESPECÍFICOS ADICIONALES PARA SISTEMAS DIRECTOS .....	31
6.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR .....	31
6.10. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL.....	33
6.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	34
7. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA.....	34
7.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN .....	34
7.2 NORMATIVA DE CONSULTA .....	35
8. COMPONENTES .....	35
8.1 GENERALIDADES.....	35
8.2 CAPTADORES SOLARES.....	36
8.3 ACUMULADORES .....	36
8.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	38
8.5 BOMBAS DE CIRCULACIÓN .....	40
8.6 TUBERÍAS .....	41
8.7 VÁLVULAS.....	42
8.8 VASOS DE EXPANSIÓN .....	43
8.9 AISLAMIENTOS.....	45
8.10 PURGA DE AIRE .....	46
8.11 SISTEMA DE LLENADO.....	47
8.12 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL .....	47
8.13 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	48



8.14 EQUIPOS DE MEDIDA .....	50
9. CONDICIONES DE MONTAJE .....	52
9.1 GENERALIDADES.....	52
9.2 MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES .....	53
9.3 MONTAJE DE ACUMULADOR.....	54
9.4 MONTAJE DE INTERCAMBIADOR.....	54
9.5 MONTAJE DE BOMBA .....	54
9.6 MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS .....	55
9.7 MONTAJE DE AISLAMIENTO .....	57
9.8 MONTAJE DE CONTADORES.....	57
9.9 MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL .....	57
9.10 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO .....	58

## 1 REQUISITOS GENERALES

### 1.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

Este documento no es de aplicación a instalaciones solares con almacenamientos estacionales.

### 1.2 GENERALIDADES

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de normas UNE sobre energía solar, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

En cualquier caso, si se aprecian posibles discrepancias entre este PCT y lo dispuesto en el RITE o CTE, o bien estos resultaran más restrictivos que aquél en cualquier punto específico, siempre prevalecerán sobre las condiciones técnicas expuestas en el PCT.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a  $9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{A}^\circ\text{C})$ .

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo. Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema

modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.

– Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos son aquellos sistemas contruidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

Sistemas grandes a medida, que son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.

Sistemas pequeños a medida, que son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Tabla 1. División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida.

<i>Sistemas solares prefabricados (*)</i>	<i>Sistemas solares a medida (**)</i>
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas, montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).
Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.	
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria.	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes).

(\*) También denominados “equipos domésticos” o “equipos compactos”.

(\*\*) También denominados “instalaciones diseñadas por elementos” o “instalaciones partidas”.

Según el coeficiente global de pérdidas de los captadores, se considerarán, a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo:

Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o “fan-coil” u otros usos a menos de 60 °C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a 9 W/(m<sup>2</sup>°C).

Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o “fan-coil”, u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a  $4,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{A}^\circ\text{C})$ .

El coeficiente global de pérdidas es la pendiente de la curva que representa la ecuación del rendimiento o eficiencia del captador. Si se utiliza una ecuación de segundo grado, el coeficiente global de pérdidas se tomará igual a  $a_1 + 30a_2$ , siendo  $a_1$  y  $a_2$  los coeficientes de la ecuación de eficiencia del captador, de acuerdo con la norma UNE-EN 12975-2.

En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30 %, calculándose de acuerdo a lo especificado en el capítulo 3 (“Criterios generales de diseño”).

#### 1.1.1. FLUIDO DE TRABAJO

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a  $20^\circ\text{C}$  del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de  $500 \text{ mg/l}$  totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los  $650 \mu\text{S/cm}$ .

b) El contenido en sales de calcio no excederá de  $200 \text{ mg/l}$ . expresados como contenido en carbonato cálcico. c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de  $50 \text{ mg/l}$ .

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

## **1.1.2 PROTECCIÓN CONTRA HELADAS**

### **1.1.2.1. GENERALIDADES**

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

- 1-Mezclas anticongelantes.
- 2-Recirculación de agua de los circuitos.
- 3-Drenaje automático con recuperación de fluido.
- 4-Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

### **1.1.2.2. MEZCLAS ANTICONGELANTES**

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (\*). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kgAK), equivalentes a 0,7 kcal/(kgA°C), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un deposito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego.

Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

#### **1.1.2.3. Recirculación del agua del circuito**

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo está en movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario, cuando la temperatura detectada preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

#### **1.1.2.4. DRENAJE AUTOMÁTICO CON RECUPERACIÓN DEL FLUIDO**

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado a un depósito, para su posterior uso, cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

El sistema de control actuará sobre la electroválvula de drenaje cuando la temperatura detectada en captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido.

El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

#### **1.1.2.5. SISTEMAS DE DRENAJE AL EXTERIOR (SÓLO PARA SISTEMAS SOLARES PREFABRICADOS)**

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado al exterior cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

### **1.1.3. SOBRECALENTAMIENTOS**

#### **1.1.3.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTOS**

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (\*) se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### **1.1.3.2. PROTECCIÓN CONTRA QUEMADURAS**

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

#### **1.1.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas**

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

#### **1.1.4 RESISTENCIA A PRESIÓN**

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

#### **1.1.5. PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO**

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

#### **1.1.6. PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS**

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

## **2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.**

Es obligación de la Contrata, el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Director y dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos determinen para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las ordenes emanadas del Director de obra , solo podrá presentarlas a través del mismo ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico o facultativo del Director de obra , no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Director de



obra , el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que, en todo caso, será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Por falta en el cumplimiento de las Instrucciones de los Técnicos o a sus subalternos de cualquier clase, encargados de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad o por actos que comprometan y perturben la marcha de los trabajos, el

Contratista tendrá obligación de sustituir a sus dependientes y operarios, cuando el Director de obra lo reclame. Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Director de obra del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones generales de índole técnica" del "Pliego

General de Condiciones Varias de la Edificación" y realizara todos y cada uno de los trabajos contratados, de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que, en estos, puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno la circunstancia de que el Director de obra o sus subalternos no le haya llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de obra o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o que los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la Contrata.

Si el Director de obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de defectos ocultos en las obras ejecutadas, ordenara efectuar, en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos de demolición y reconstrucción que se ocasionen, serán de cuenta del

Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y, en caso contrario, correrán a cargo del propietario.

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el Director de obra, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto, el Contratista, las muestras y modelos necesarios, previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones, Vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc., antes indicados, serán de cargo del Contratista. Cuando los materiales o aparatos no fueran de calidad requerida o no estuvieren perfectamente preparados, el Director de obra dará orden al

Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos o, a falta de estos, a las órdenes del Director de obra.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo, por tanto, al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

La recepción de la instalación tendrá como objeto el comprobar que la misma cumple las prescripciones de la Reglamentación vigente y las especificaciones de las

Instrucciones Técnicas, así como realizar una puesta en marcha correcta y comprobar, mediante los ensayos que sean requeridos, las prestaciones de contabilidad, exigencias de uso racional de la energía, contaminación ambiental, seguridad y calidad que son exigidas.

Todas y cada una de las pruebas se realizaran en presencia del director de obra de la instalación, el cual dará fe de los resultados por escrito. A lo largo de la ejecución deberá haberse hecho pruebas parciales, controles de recepción, etc., de todos los elementos que haya indicado el director de obra.

Particularmente todas las uniones o tramos de tuberías, conductos o elementos que por necesidades de la obra vayan a quedarse ocultos, deberán ser expuestos para su inspección o expresamente aprobados, antes de cubrirlos o colocar las protecciones requeridos.

Terminada la instalación, Será sometida por partes o en su conjunto a las pruebas que se indican, sin perjuicio de aquellas otras que solicite el director de la obra. Una vez realizadas las pruebas finales con resultados

satisfactorios para el director de obra, se procederá, al acto de recepción provisional de la instalación.

Con este acto se dará por finalizado el montaje de la instalación. Transcurrido el plazo contractual de garantía, en ausencia de averías o defectos de funcionamiento durante el mismo, o habiendo sido estos convenientemente subsanados, la recepción provisional adquirirá carácter de recepción definitiva, sin realización de nuevas pruebas, salvo que por parte de la propiedad haya cursado aviso en contra antes de finalizar el periodo de garantía establecido.

Es condición previa para la realización de las pruebas finales que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con las especificaciones del proyecto, así como que haya sido previamente equilibrada y puesta a punto y se hayan cumplido las exigencias previas que haya establecido el director de obra tales como limpieza, suministro de energía, etc...

Como mínimo deberán realizarse las pruebas específicas que se indican referentes a las exigencias de seguridad y uso racional de la energía. A continuación se realizarán las pruebas globales del conjunto de la instalación.

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al Director de obra, expresadas en los Art. precedentes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen, bien por sí o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto, específicamente, en el "Pliego General de Condiciones Varias de la

Edificación", sobre las personas y cosas situadas en la obra y relación con los trabajos que, para la ejecución de las instalaciones u obras anejas, se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar al Instalador, si considera que, el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

### **3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.**

Como base fundamental de estas "Condiciones Generales de índole Económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y

Condiciones Generales particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Director de obra , en nombre y representación del

Propietario, las ordenara ejecutar a un tercero, o directamente por administración, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales o de mano de obra de trabajos, que no figuren entre los contratados, se fijaran contradictoriamente entre el

Director de obra y el Contratista o su representante expresamente autorizado a estos efectos. El Contratista los presentara descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios, antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

Si el Contratista, antes de la firma del Contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no ser este documento el que sirva de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las cantidades de obra en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del Contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de índole Facultativa", sino en el caso de que el Director de obra o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de la adjudicación.

Las equivocaciones materiales no alteraran la baja proporcional hecha en la

Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijara siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado, con arreglo a sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las ordenes e instrucciones que, por escrito, entregue el Director de obra , y siempre dentro de las cifras a que asciendan los presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán, en todo caso, abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuren en la oferta aceptada, a los precios contradictorios fijados en el transcurso de las

obras, de acuerdo con lo previsto en el presente "Pliego de Condiciones Generales de índole Económica" a estos efectos, así como respecto a las partidas alzadas y obras accesorias y complementarias.

En ningún caso, el número de unidades que se consigne en el Proyecto o en el

Presupuesto podrá servir de fundamento para reclamaciones de ninguna especie.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse.

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el Contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto, a menos que el Director de obra ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

El Contratista estará obligado a asegurar la instalación contratada, durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá, en cada momento, con el valor que tengan, por Contrata, los objetos que tengan asegurados.

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la instalación durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario, procederá a disponer todo lo que sea preciso para que se atienda al mantenimiento, limpieza y todo lo que fuere menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

El Director de obra se niega, de antemano, al arbitraje de precios, después de ejecutada la obra, en el supuesto que los precios base contratados no sean puestos en su conocimiento previamente a la ejecución de la obra.

#### **4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.**

Ambas partes se comprometen, en sus diferencias, al arbitrio de amigables componedores, designados, uno de ellos por el Propietario, otro por la Contrata y tres técnicos por el Colegio Oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente, el Director de la Obra.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto (la Memoria no tendrá consideración de documento del Proyecto).

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y construcción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que el Director de obra haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

Todos los trabajos o materiales empleados cumplirán la "Resolución General de Instrucciones para la Construcción", de 31 de Octubre de 1.986.

En todos los trabajos que se realicen en la obra se observaran y el encargado será el responsable de hacerlas cumplir, las normas que dispone el vigente Reglamento de seguridad en el Trabajo en la industria de la construcción, aprobado el 20 de Mayo de 1.952, las Ordenes complementarias de 19 de Diciembre de 1.953 y 23 de Septiembre de 1.966, y en la Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobado por Orden de 9 de Marzo de 1.971, así como lo dispuesto en la Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de los Riesgos Laborales.

Se consideran causa suficientes para la rescisión del contrato las que a continuación se señalan:

- La quiebra de la contrata.
- Las alteraciones del proyecto por las siguientes causas:
  - Modificaciones fundamentales del proyecto. En cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto varíe, en torno los 25% de unidades del proyecto modificados.
  - Si la variación de alguna de las unidades de obra varían en más o menos el 40%.
  - El no dar comienzo la contrata a los trabajos, dentro del plazo señalado en las condiciones peculiares del proyecto.
  - El incumplimiento de las condiciones del contrato. Cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra
  - La terminación del plazo de ejecución de la obra, si haberse llegado a esta.
  - El abandono de la obra si causa justificada.

El plazo de garantía comenzará a contarse a partir de la fecha de recepción provisional de la obra.

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallan en el pliego de cláusulas administrativas, el contratista garantiza en general todas las obras se ejecuten, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

El plazo de garantía será de 1 año y durante este periodo el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por dicha causa se produzcan, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización.

### **EMPRESA INSTALADORA**

Se considera “Empresa Instaladora” (EI) aquella legalmente establecida que, incluyendo en su objeto social las actividades de montaje y reparación de las instalaciones sujetas a este reglamento y cumpliendo los requisitos mínimos establecidos en esta instrucción, se encuentre inscrita en el registro correspondiente como “Empresa Instaladora” y que posea el correspondiente certificado emitido por el órgano competente donde radique su domicilio social.

La ejecución de las instalaciones sujetas a este reglamentos solamente puede ser realizada por empresas que estén registradas como empresas instaladoras en la especialidad adecuada a la instalación de que se trate. La empresa instaladora tiene la obligación de ejecutar correctamente el montaje de las instalaciones y las reparaciones que tuvieran que realizar, ateniéndose al proyecto y siguiendo las directrices y normas del Director de obra, no pudiendo, sin su autorización, variar trazados, cambiar materiales ni introducir modificaciones en el proyecto de la instalación en su conjunto, especialmente en su pliego de condiciones técnicas.

La empresa instaladora es responsable de la ejecución de la obra y de las pruebas parciales y totales, de la puesta en marcha y del equilibrado de cada subsistema de la instalación y del conjunto, hasta que se alcancen las condiciones indicados en el proyecto, así como de la emisión del certificado de la instalación al que se refiere la ITE

06.5.1 La empresa instaladora deberá entregar al Director de la obra la documentación mencionada en la ITE 06.5.2, al momento de la Recepción Provisional.

### **EMPRESA DE MANTENIMIENTO**

Se considera “Empresa de Mantenimiento” (EM) aquella legalmente establecida incluyendo en su objeto social las actividades de mantenimiento y reparación de las instalaciones sujetas a este reglamento y cumpliendo los requisitos mínimos establecidos en esta instrucción, se encuentre inscrita en el registro correspondiente como “Empresa de Mantenimiento” y que posea el correspondiente certificado emitido por el órgano competente donde radique su domicilio social.

La empresa de mantenimiento es la responsable de que el mantenimiento de las instalación y las reparaciones que tuviera que realizar



sean los adecuados para garantizar el uso racional de la energía y salvaguardar la duración y la seguridad de la instalación,

pudiendo modificar, si lo considera oportuno, las instrucciones de manejo y mantenimiento de la misma, siempre que se respeten los mínimos indicados en la ITE 08. Cuando sea necesario sustituir equipos, piezas o materiales de una instalación, la empresa de mantenimiento es responsable de que los elementos nuevos que se instalen cumplan la normativa vigente en cuanto a nivel de calidad, homologación y aprobación o registro de tipos.

Índole

## 5. CONFIGURACIONES BÁSICAS

### 5.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

En consideración con los diferentes objetivos atendidos por este PCT, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:

El principio de circulación.

El sistema de transferencia de calor.

El sistema de expansión.

El sistema de energía auxiliar.

La aplicación.

Por el principio de circulación se clasificarán en:

Instalaciones por termosifón o circulación natural

Instalaciones por circulación forzada

Por el sistema de transferencia de calor:

– Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor

– Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar

Sumergido

De doble envolvente

– Instalaciones con intercambiador de calor independiente

Por el sistema de expansión:

Sistema abierto



## Sistema cerrado

Por el sistema de aporte de energía auxiliar:

Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar

Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual

Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado

Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos

Sistema de energía auxiliar en línea centralizado

Sistema de energía auxiliar en línea distribuido

Sistema de energía auxiliar en paralelo

Por su aplicación:

Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria

Instalaciones para usos industriales

Instalaciones para calefacción

Instalaciones para refrigeración

Instalaciones para climatización de piscinas

Instalaciones de uso combinado

Instalaciones de precalentamiento

En la figura 1 aparecen diferentes configuraciones de instalaciones recomendadas según el tipo de aplicación, recogándose las más usuales. Siempre pueden existir otras y combinaciones de las anteriores.

El empleo de otras configuraciones diferentes a las que aquí se recomiendan debe dar lugar a prestaciones o ganancias solares similares a las obtenidas con éstas.

## **6. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO**

### **6.1 DIMENSIONADO Y CÁLCULO**

#### **6.1.1 DATOS DE PARTIDA**

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

##### Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo:

Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente.

Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma.

Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.

Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.

Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

##### Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del

local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60 %.

## 6.2. DIMENSIONADO BÁSICO

A los efectos de este PCT, el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación. El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año.

En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de las instalaciones correspondientes.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes “x” = (Energía solar aportada el mes “x” / Demanda energética durante el mes “x”) × 100

Fracción solar año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Demanda energética durante el año “y”) × 100

Rendimiento medio año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Irradiación incidente año “y”) × 100

Irradiación incidente año “y” = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año “y”

Irradiaciones incidentes en el mes “x” = Irradiación en el mes “x” × Superficie captadora

El concepto de energía solar aportada el año “y” se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

La demanda de energía térmica.

La energía solar térmica aportada.

Las fracciones solares medias mensuales y anuales.

El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en el RITE.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el caso de A.C.S. se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$50 < V/A < 180$  donde A será el área total de los captadores, expresada en  $m^2$ , y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M:  $V = M$ .

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones  $V/A$  pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

Para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma se recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m<sup>2</sup> y 50 l/m<sup>2</sup>

## 6.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

### 6.3.1 GENERALIDADES

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

A efectos de este PCT, será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

### 6.3.2 ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, SOMBRAS E INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla 2. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla 2

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación,  $\beta_{opt}$ , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

Consumo constante anual: la latitud geográfica

Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°

Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor, con el fin de favorecer la autolimpieza de los captadores. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

### **6.3.3 CONEXIONADO**

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La superficie de una fila de captadores conexcionados en serie no será superior a  $10 \text{ m}^2$ . En caso de algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante. En el caso de A.C.S., el número de captadores conexcionados en serie no será superior a lo fijado en la sección H4 ("Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria") del Código Técnico de la Edificación.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

### **6.3.4 ESTRUCTURA SOPORTE**

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores

máximos de  $s_k$  (carga de nieve) y  $v_m$  (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de  $s_k$  y  $v_m$  determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

## **6.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR**

### **6.4.1. GENERALIDADES**

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de

prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Aun cuando los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado, se cumplirán los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio en el apartado 3.4 de este documento.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup> deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

#### **6.4.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES**

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.

b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido



### 6.4.3 VARIOS ACUMULADORES

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la figura 3.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

### 6.4.4 SISTEMA AUXILIAR EN EL ACUMULADOR SOLAR

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden (excepto en los casos de producción de A.C.S. y climatización de piscinas), se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

1-Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.

2-Volumen total máximo de 2000 litros.

3-Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.

4-Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.

5-La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.

6-Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

7-No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de A.C.S.

En su caso y adicionalmente, se tendrá en cuenta lo indicado en el punto 2 del párrafo cuarto del apartado 3.8.

En cualquier caso, queda a criterio del IDAE el dar por válido el sistema propuesto.

Para los equipos prefabricados que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengan preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

## **6.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO**

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P, en vatios, en función del área de captadores A, en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P > 500 A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S. se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

## **6.6. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO**

### **6.6.1 GENERALIDADES**

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

### **6.6.2 TUBERÍAS**

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

### **6.6.3 BOMBAS**

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente

deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

#### **6.6.4 VASOS DE EXPANSIÓN**

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

#### **6.6.5 PURGA DE AIRE**

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

#### **6.6.6 DRENAJE**

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

### **6.7. RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS ADICIONALES PARA SISTEMAS POR CIRCULACIÓN NATURAL**

Es muy importante, en instalaciones que funcionen por circulación natural, el correcto diseño de los distintos componentes y circuitos que integran el sistema, de forma que no se introduzcan grandes pérdidas de carga y se desfavorezca la circulación del fluido por termosifón. Para esto se recomienda prestar atención a:

El diseño del captador y su conexionado. Preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos.

El trazado de tuberías. Deberá ser de la menor longitud posible, situando el acumulador cercano a los captadores. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a DN15. En general, dicho diámetro se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.

El sistema de acumulación. Depósitos situados por encima de la batería de captadores favorecen la circulación natural. En caso de que la acumulación esté situada por debajo de la batería de captadores, es muy importante utilizar

algún tipo de dispositivo que, sin introducir pérdidas de carga adicionales de consideración, evite el flujo inverso no intencionado.

## **6.8. REQUISITOS ESPECÍFICOS ADICIONALES PARA SISTEMAS DIRECTOS**

No están permitidos los sistemas directos para las aplicaciones de A.C.S.

Para otras aplicaciones tampoco podrán instalarse sistemas directos en zonas con riesgo de heladas.

Siempre que se opte por un sistema directo se aportará documentación, obtenida en el Instituto Nacional de Meteorología u otra entidad similar, en la que se demuestre que la zona donde se va a realizar la instalación no tiene riesgo de heladas.

## **6.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR**

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.

2. En caso de aceptarse, de acuerdo con el punto 3.3.4, la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, sólo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la

desconexión será automática a la temperatura de referencia. Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional (ver 3.3.4) cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario. La documentación a entregar al usuario deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar y deberá ser previamente aprobada por el IDAE.

3. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.

4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:

Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.

Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.

5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

En caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual.

Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup> la potencia podrá ser de

1500 W. En el caso de resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 W por metro cuadrado y hasta 750 W para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup>.

## **6.10. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL**

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).

Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación... o por combinación de varios mecanismos.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

## **6.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

Temperatura de entrada de agua fría de red

Temperatura de salida del acumulador solar

Caudal de agua fría de red

Opción 2:

Temperatura inferior del acumulador solar

Temperatura de captadores

Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

## **7. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA**

### **7.1 NORMATIVA DE APLICACIÓN**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas. Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT). Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).



Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA). Ley número 88/67 de 8 de noviembre: Sistema Internacional de Unidades de Medida SI. Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.

Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

## **7.2 NORMATIVA DE CONSULTA**

UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1:

Requisitos generales. UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo. UNE-EN 12976-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales. UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo. UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida.

Parte 1: Requisitos generales. UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.

## **8. COMPONENTES**

### **8.1 GENERALIDADES**

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Para procesos industriales, el diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberán cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

## **8.2 CAPTADORES SOLARES**

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m<sup>2</sup> será inferior a 1 m.c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

## **8.3 ACUMULADORES**

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

Superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>.

Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.

Registro embreado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.

Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.

Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.

Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

La utilización de acumuladores de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

Acumuladores de acero vitrificado.

Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.

Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.

Acumuladores de cobre.

Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

## 8.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

UNE-EN 12977-3: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares. UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.

UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.

prEN 806-1: Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 1: General. prEN 1717: Protection against pollution of potable water in drinking water installations and general requirements of devices to prevent pollution by back flow.

EN 60335-1/1995: Safety of household and similar electrical appliances. Part 1: General requirements (IEC 335-1/1991 modified). EN 60335-2-21: Safety of household and similar electrical appliances. Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21/1989 + Amendments 1/1990 and 2/1990, modified). ENV 61024-1: Protection of structures against lightning. Part 1: General principles (IEC 1024-1/1990, modified).

Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. ISO 9488: Energía solar. Vocabulario.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en los Criterios de Dimensionado y Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).

Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.

Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de  $40 \text{ W}/(\text{KAm}^2)$ .

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación

<i>Aplicación</i>	<i>Temperatura entrada primario</i>	<i>Temperatura salida secundario</i>	<i>Temperatura entrada secundario</i>
Piscinas	50 °C	28 °C	24 °C
Agua caliente sanitaria	60 °C	50 °C	45 °C
Calefacción a baja temperatura	60 °C	50 °C	45 °C
Refrigeración/Calefacción	105 °C	90 °C	75 °C

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior al especificado en la siguiente tabla para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

Circuitos de consumo	m <sup>2</sup> ·K/W
Agua blanda y limpia	0,0006
Agua dura	0,0012
Agua muy dura y/o sucia	0,0018
Circuitos cerrados	0,0008

## 8.5 BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. Siempre que

sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea. En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado. Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito. La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario

de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo. La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en la siguiente tabla.

Sistema	Potencia eléctrica de la bomba
Sistemas pequeños	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de des-aireación o purga.

## 8.6 TUBERÍAS

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embriadas.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153).

No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discorra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Para calentamiento de piscinas se recomienda que las tuberías sean de PVC y de gran diámetro, a fin de conseguir un buen caudal con la menor pérdida de carga posible, no necesitando éstas, en la mayoría de los casos, ningún tipo especial de aislamiento térmico.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

## 8.7 VÁLVULAS

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

Para aislamiento: válvulas de esfera.

Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.

Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.

Para llenado: válvulas de esfera.

Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.

Para seguridad: válvulas de resorte.

Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

A los efectos de este PCT, no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en bar o  $\text{kp/cm}^2$ , y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual

o superior a 25 mm.



La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kp/cm<sup>2</sup>.

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.

Mecanismo de acero inoxidable.

Flotador y asiento de acero inoxidable.

Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

## **8.8 VASOS DE EXPANSIÓN**

### **a) Vasos de expansión abiertos**

Los vasos de expansión abiertos cumplirán los siguientes requisitos:

Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.

El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo.

El volumen útil del vaso de expansión abierto se determinará de forma que sea capaz de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento.

El nivel mínimo libre de agua de los vasos de expansión abiertos se situará a una altura mínima de 2,5 metros sobre el punto más alto de la instalación.

Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebosamiento.

Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar.

La salida de rebosamiento se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el sistema a la temperatura máxima de trabajo, no se produzca derrame de la misma.

En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 cm.

El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro del rebosadero asegurará que, con válvulas de flotador totalmente abiertas y una presión de red de 4 kp/cm<sup>2</sup>, no se produzca derramamiento de agua.

La capacidad de aforo de la válvula de flotación, cuando se utilice como sistema de llenado, no será inferior a 5 l/min. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a ½ pulgada o 15 mm.

El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la temperatura máxima de trabajo durante 48 horas.

#### b) Vasos de expansión cerrados

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

Volumen total de agua en la instalación, en litros.

Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4°C, a la que corresponde la máxima densidad.

Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.

Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.

Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kp/cm<sup>2</sup> y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión: Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10 %.

## 8.9 AISLAMIENTOS

El espesor mínimo del aislamiento de acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la siguiente tabla.

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.  
 (\*\*) Se escoge la temperatura máxima de ref.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior será terminada con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

Si se utiliza manta térmica para evitar pérdidas nocturnas en piscinas, se tendrá en cuenta la posibilidad de que proliferen microorganismos en ella, por lo que se deberá limpiar periódicamente.

## 8.10 PURGA DE AIRE

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador, y en cualquier caso hasta 130 °C.

En el trazado del circuito deberá evitarse, en lo posible, los sifones invertidos, pero cuando se utilicen, se situarán sistemas similares a los descritos en párrafos anteriores en el punto más desfavorable del sifón.

### **8.11 SISTEMA DE LLENADO**

Los sistemas con vaso de expansión abierto podrán utilizarlo como sistema de llenado.

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual

o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un fluido para el circuito primario

cuyas características incumplan este Pliego de Condiciones Técnicas. Será obligatorio cuando exista riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en el apartado “Requisitos generales” del presente PCT.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

### **8.12 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL**

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico

para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}\text{C}$ .

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de  $1^{\circ}\text{C}$ , las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

A.C.S. y calefacción por suelo radiante y “fan-coil”:  $100^{\circ}\text{C}$

Refrigeración/calefacción:  $140^{\circ}\text{C}$

Usos industriales: en función de la temperatura de uso

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

### **8.13 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos con la siguiente frecuencia:

Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto

Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos

Tiempo de almacenamiento de datos registrados: mínimo 1 año

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, y entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes:

- Temperatura de entrada de agua fría
- Temperatura de suministro de agua caliente solar
- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo
- Caudal de agua de consumo

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables:

- Temperatura de entrada a captadores
- Temperatura de salida de captadores
- Temperatura de entrada secundario
- Temperatura de salida secundario
- Radiación global sobre plano de captadores
- Temperatura ambiente exterior
- Presión de agua en circuito primario
- Temperatura fría del acumulador
- Temperatura caliente del acumulador
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores

Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados:

- Temperatura media de suministro de agua caliente a consumo
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar

Demanda de energía térmica diaria

Energía solar térmica aportada

Energía auxiliar consumida

Fracción solar media

Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.)

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación. Estos datos quedarán archivados en un registro histórico de prestaciones.

## 8.14 EQUIPOS DE MEDIDA

### Medida de temperatura:

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser de inmersión y estar situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Como mínimo, han de instalarse termómetros en las conducciones de impulsión y retorno, así como a la entrada y a la salida de los intercambiadores de calor.

### Medida de caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo, o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a  $\pm 3\%$  en todos los casos.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos dentro de la Memoria de Diseño o Proyecto, que deberán ser facilitados por el fabricante:

– Calibre del contador



- Temperatura máxima del fluido
- Caudales: en servicio continuo máximo (durante algunos minutos) mínimo (con precisión mínima del 5 %) de arranque
- Indicación mínima de la esfera
- Capacidad máxima de totalización
- Presión máxima de trabajo
- Dimensiones
- Diámetro y tipo de las conexiones
- Pérdida de carga en función del caudal

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

### **Medida de energía**

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.

Dos sondas de temperatura.

Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas, con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

### **Medida de presión**

Las medidas de presión en circuitos de líquidos se harán con manómetros equipados con dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

El equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

Vasos de expansión: un manómetro.

Bombas: un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga de cada bomba.

Intercambiadores de calor: manómetros a la entrada y a la salida.

## **9. CONDICIONES DE MONTAJE**

### **9.1 GENERALIDADES**

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características de estos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

## **9.2 MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES**

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

### **9.3 MONTAJE DE ACUMULADOR**

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 l situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 l el diseño de un profesional competente.

### **9.4 MONTAJE DE INTERCAMBIADOR**

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador, para operaciones de sustitución o reparación.

### **9.5 MONTAJE DE BOMBA**

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

## **9.6 MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS**

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a:

5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.

30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.

– 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros

de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 20; para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

## **9.7 MONTAJE DE AISLAMIENTO**

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

## **9.8 MONTAJE DE CONTADORES**

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (baipás o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, a diez veces el diámetro de la tubería antes del contador, y a cinco veces después del mismo.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

## **9.9 MONTAJE DE INSTALACIONES POR CIRCULACIÓN NATURAL**

Los cambios de dirección en el circuito primario se realizarán con curvas con un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno, para facilitar el efecto termosifón.

## **9.10 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD DEL CIRCUITO PRIMARIO**

El procedimiento para efectuar las pruebas de estanqueidad comprenderá las siguientes fases:

1. Preparación y limpieza de redes de tuberías. Antes de efectuar la prueba de estanqueidad las tuberías deben ser limpiadas internamente, con el fin de eliminar los residuos procedentes del montaje, llenándolas y vaciándolas con agua el número de veces que sea necesario. Deberá comprobarse que los elementos y accesorios del circuito pueden soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos y accesorios deberán ser excluidos.

2. Prueba preliminar de estanqueidad. Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos en la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.

3. Prueba de resistencia mecánica La presión de prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para poder verificar de forma visual la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

### **4. Reparación de fugas**

La reparación de las fugas detectadas se realizará sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario.



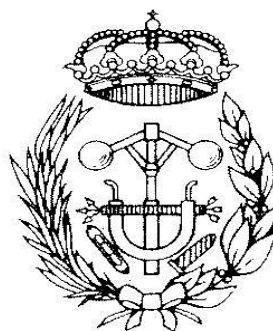
TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO.**

Pamplona, Febrero de 2015.

Firmado:

Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS  
Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN  
UN POLIDEPORTIVO

PRESUPUESTO

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## INDICE

CAPITULO I: INSTALACIÓN SOLAR DE A.C.S.....	2
CAPITULO II: INSTALACION CONVENCIONAL DE A.C.S. ....	6
CAPITULO III: INSTALACION DE CONSUMO AGUA FRIA, A.C.S. Y RECIRCULACION .....	9
CAPITULO IV: INSTALACION DE CALEFACCION.....	11
CAPITULO V: INSTALACION GAS NATURAL.....	14
RESUMEN DE CAPITULOS .....	15

## CAPITULO I: INSTALACIÓN SOLAR DE A.C.S.

Cod .	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.0	Todas las partidas descritas en este capítulo están presupuestadas con el transporte, colocación, instalación y puesta en marcha, debidamente recepcionada por la dirección de la obra en la que corresponde por los operarios de las instalaciones. Incluyendo materiales auxiliares.				
1.1.	<b>Colector solar plano CHROMAGEN 12S-8.</b> Destinado a la producción de A.C.S.	1	30	690€	20.700€
1.2.	<b>Intercambiador de placas, Alfa laval, Modelo M3 FG</b> de una potencia de intercambio de 49KW	1	1	1.518€	1.518€
1.3.	<b>Acumulador para ACS</b> de 3000 litros de capacidad, marca SALVADOR ESCODA de acero con revestimiento epóxico hasta 8bar y Tª máxima de agua de 90°C. Incluye todos accesorios de montaje y funcionamiento.	1	2	3.141€	6.282€

Cod .	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.4.	<b>Vaso de expansión cerrado</b> para energía solar <b>AMR 20</b> 20 litros de capacidad con membrana intercambiable, de la marca IBAIONDO, temperatura máxima 130°C	1	1	34,68€	34,68€
1.5.	<b>Vaso de expansión cerrado</b> modelo <b>200 AMR-890</b> 200 litros de capacidad modelo 200/l de acero con membrana recambiable, de la marca IBAIONDO, temperatura máxima 130°C.	1	1	327.98€	327.98€
1.6.	<b>Bomba de circulación</b> simple de la Marca GRUNDFOS de rotor húmedo modelo <b>UP serie 100</b>	1	2	535.62€	1073,24€
1.7.	<b>Bomba de circulación</b> simple de la Marca GRUNDFOS modelo <b>UP(S)-B Series 100</b>	1	2	371.3€	742.6€

1.8.	<b>Tubería de cobre</b> de 42mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	44,2	24,47€/m	1081,574€
1.9.	<b>Tubería de cobre</b> de 35mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	18,8	20,18€/m	379,384€
2.0.	<b>Tubería de cobre</b> de 28mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante	mts	42	15,22€/m	639,24€
2.1.	<b>Tubería de cobre</b> de 22mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante	mts	42	11,8€/m	495,6€
2.2.	<b>Válvula de seguridad</b> de bronce regulable, con escape conducido de 2".		2	562,12€	1124,24€
2.3.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 2".		2	21,82€	43,64€
2.4.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 1 ½"		4	7,3€	29,2€
2.5.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 1"		8	1,21€	9,68€

2.6.	<b>Válvula anti-retorno</b> de 2"		2	45,12€	90,24€
2.7.	<b>Válvula de equilibrado</b> de 2".		2	106,32€	212,64€
2.8.	<b>Válvula de equilibrado</b> de 1".		6	26,54€	159,24€
2.9.	<b>Válvula de vaciado</b> de acero Inoxidable de 1 ½".		1	7,4€	7,4€
3.0.	<b>Purgador automático</b> para energía solar VOSS PURG-O-MAT 150 SOLAR, temperatura máxima 150°C.		6	8,65€	51,9€
3.1.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 40mm para tuberías exteriores de $35 < D \leq 90$ mm hasta 150°C.	mts	32	6,4€	1068,48€
3.2.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 30mm para tuberías exteriores de $D \leq 35$ mm hasta 150°C	mts	85,8	2.67€	762,76€
3.3.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 30mm para tuberías interiores de $35 < D \leq 90$ mm hasta 150°C.	mts	17	17,97€	305,49€
3.4.	<b>Estructura de los captadores</b> Marca <b>Heatsun</b> <b>Sopsfk276-I</b> estructura para 6	1x6	6	481.25€	2887.5€

	captadores y la sujeción.				
3.5	<b>Anticongelante anticorrosión</b> Chromagen	1	4	166€	664€
<b>TOTAL CAPITULO I:</b>					<b>40.474,34€</b>

## CAPITULO II: INSTALACION CONVENCIONAL DE A.C.S.

Cod .	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.0	Todas las partidas descritas en este capítulo están presupuestadas con el transporte, colocación, instalación y puesta en marcha, debidamente recepcionada por la dirección de la obra en la que corresponde por los operarios de las instalaciones. Incluyendo materiales auxiliares.				
1.1.	<b>Grupo térmico</b> PREXTHERM RSH GN-GP 2S-M (600) de la marca FERROLI,	1	1	19.480€	19.480€



1.2.	<b>Intercambiador de placas,</b> marca <b>Alfa Laval M6 FM</b> . La potencia de intercambio es de 150kW.	1	1	2.543€	2.543€
1.3.	<b>Vaso de expansión cerrado</b> <b>AMR 50</b> 50 litros de capacidad con membrana intercambiable, de la marca IBAIONDO, temperatura máxima 130°C	1	1	50,06€	50,06€
1.4.	<b>Vaso de expansión cerrado</b> <b>CMF 140</b> 140 litros de capacidad con membrana fija, de la marca IBAIONDO, temperatura máxima 130°C	1	1	149,52€	149,52€
1.5.	<b>Bomba de circulación</b> <b>Grundfos</b> modelo <b>UPS Serie</b> <b>200</b> Silenciosa y de bajo consumo.	1	2	523€	1046€
1.6.	<b>Bomba de circulación</b> <b>Grundfos</b> modelo <b>UP(S)-B</b> <b>Series 100</b> Silenciosa y de bajo consumo	1	2	371.3€	742.6€
1.7.	<b>Tubería de cobre</b> de 54mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	4	39,86€/m	159,44€
1.8.	<b>Tubería de cobre</b> de 42mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación	mts	5,2		127,25€

	antioxidante.			24,47€/m	
1.9.	<b>Válvula de seguridad</b> de bronce regulable, con escape conducido de 2".	1	2	562,12€	1124,24€
2.0.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 2".	1	8	21,82€	174,56€
2.1.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 1 ½"	1	6	7,3€	43,8€
2.2.	<b>Válvula anti-retorno</b> de 2"	1	2	45,12€	90,24€
2.3.	<b>Válvula de equilibrado</b> de 2".	1	2	106,32€	212,64€
2.4.	<b>Válvula de vaciado</b> de acero inoxidable de 1 ½".	1	1	7,4€	7,4€
2.5.	<b>Purgador automático</b> para energía solar VOSS PURG-O-MAT 150 SOLAR, temperatura máxima 150°C.	1	2	8,65€	17,3€
2.6.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 30mm para tuberías interiores de $35 < D \leq 90$ mm hasta 150°C.	mts	9,2	17,97€/m	165,32€
<b>TOTAL CAPITULO II:</b>				<b>26.133,37€</b>	

### CAPITULO III: INSTALACION DE CONSUMO AGUA FRIA, A.C.S. Y RECIRCULACION

Cod .	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.0	Todas las partidas descritas en este capítulo están presupuestadas con el transporte, colocación, instalación y puesta en marcha, debidamente recepcionada por la dirección de la obra en la que corresponde por los operarios de las instalaciones. Incluyendo materiales auxiliares.				
1.1.	<b>Tubería de cobre</b> de 42mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	100,5	24,47€/m	2459,23€
1.2.	<b>Tubería de cobre</b> de 35mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	127,34	20,18€/m	2569,72€
1.3.	<b>Tubería de cobre</b> de 28mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	17,2	15,22€/m	261,78€
1.4.	<b>Tubería de cobre</b> de 22mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	172,94	11,8€/m	2040,7€
1.5.	<b>Tubería de cobre</b> de 18mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	20,56	8,64€/m	177,64€

1.6.	<b>Tubería de cobre</b> de 12mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	5,44	5,37€/m	29,21€
1.7.	<b>Grundfos UPS Serie 200</b> Bajo nivel sonoro, rotor encapsulado, bajo consumo	1	2	523€	1046€
1.8.	<b>Grundfos ALPHA 2</b> Bajo nivel sonoro, rotor encapsulado, bajo consumo	1	4	196€	392€
1.9.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 1 ½"	1	28	7,3€	204,4€
2.0.	<b>Válvula de equilibrado</b> de 2".	1	8	106,32€	850,56€
2.1.	<b>Válvula anti-retorno</b> de 2"	1	4	45,12€	180,48€
2.2.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 30mm para tuberías interiores de $35 < D \leq 90$ mm hasta 150°C.	mts	186,28	17,97€/m	3347,45€
2.3.	<b>Aislamiento tubular flexible</b> marca L'ISOLANTE K-FLEX 'SOLAR HT' de espesor 20mm para tuberías interiores de $D \leq 35$ mm hasta 150°C.	mts	53,5	5,63€/m	269,1€
2.4.	<b>Grifería monomando</b> mezclador de agua fría y caliente de la marca ROCA, dispone de apertura escalonada en dos fases	1	22	35,23	775,06€
2.5	<b>Grifería temporizada para ducha</b> con funciones de mezclador de agua fría y caliente, de la marca ROCA.	1	65	46€	2990€
2.6	<b>Estructura soporte de</b>				

	colectores +15° Para cubiertas inclinadas y sus anclajes	1	31	53€	1643€
<b>TOTAL CAPITULO III:</b>					<b>19.233,33€</b>

#### CAPITULO IV: INSTALACION DE CALEFACCION

Cod	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.0	Todas las partidas descritas en este capítulo están presupuestadas con el transporte, colocación, instalación y puesta en marcha, debidamente recepcionada por la dirección de la obra en la que corresponde por los operarios de las instalaciones. Incluyendo materiales auxiliares.				
1.1.	<b>Aerothermo o ventilo convector</b> de gran potencia, Serie ATLAS modelo 68A735X. Mas accesorios para montaje a dos tubos y tomas de aire.	1	4	1337€	5348€
1.2.	<b>Fan-coils "AERMEC"</b> , tipo cassette muy silencioso, modelo <b>FCL 122</b> , siendo su potencia de hasta 13000W .Mas accesorios de kit de valvuleria para 2 tubos y codo para toma de aire.	1	4	1080€	4320€
1.3.	<b>Fan-coils "AERMEC"</b> , tipo cassette muy silencioso, modelo <b>FC 62</b> , siendo su potencia de hasta 6250W.Mas accesorios de kit de valvuleria para 2 tubos y codo para toma de aire.	1	2	1103€	2206€

1.4.	<b>Tubería de cobre</b> de 54mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	45,82	39,86€/m	1827,76€
1.5.	<b>Tubería de cobre</b> de 42mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	76,26	24,47€/m	1866,08€
1.6.	<b>Tubería de cobre</b> de 35mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	56,62	20,18€/m	1142,6€
1.7.	<b>Tubería de cobre</b> de 28mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	39,46	15,22€/m	600,58€
1.8.	<b>Tubería de cobre</b> de 22mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	36,54	11,8€/m	431,172€
1.9.	<b>Tubería de cobre</b> de 18mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	38,78	8,64€/m	335,06€
2.0.	<b>Tubería de cobre</b> de 16mm de diámetro con accesorios, soportes, soldaduras y dos manos de imprimación antioxidante.	mts	10,64	7,37€/m	78,42€
2.1.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 1 ½"	1	24	7,3€	175,2€
2.2.	<b>Válvula de seguridad</b> de bronce regulable, con escape conducido de 2".	1	3	562,12€	1686,36€
2.3.	<b>Válvula de esfera</b> de palanca de acero inoxidable de 2".	1	12	21,82€	261,84€

2.4.	<b>Válvula de equilibrado</b> de 2".	1	3	106,32€	318,96€
2.5.	<b>Válvula anti-retorno</b> de 2"	1	3	45,12€	135,36€
2.6.	<b>Vaso de expansión cerrado</b> para energía solar <b>AMR 35</b> , 35 litros de capacidad con membrana intercambiable, de la marca IBAIONDO, temperatura máxima 130°C	1	1	52€	52€
2.7.	<b>Purgador automático</b> para energía solar VOSS PURG-O-MAT 150 SOLAR, temperatura máxima 150°C	1	20	8,65€	173€
<b>TOTAL CAPITULO IV:</b>					<b>20.958,4€</b>

## CAPITULO V: INSTALACION GAS NATURAL

Cod .	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.0	Todas las partidas descritas en este capítulo están presupuestadas con el transporte, colocación, instalación y puesta en marcha, debidamente recepcionada por la dirección de la obra en la que corresponde por los operarios de las instalaciones. Incluyendo materiales auxiliares.				
1.1.	<b>Armario de regulación</b> para Gas Natural, <b>ARMARIO BI 50</b> para contador G-40	1	1	505.82€	505.82€
1.2.	<b>Contador de Turbina</b> para Gas Natural Madas. Modelo <b>G-40</b> de fundición dúctil para un caudal mínimo de 8m <sup>3</sup> /h y máximo de 65m <sup>3</sup> /h con presión de entrada máxima limitada a 6bar.	1	1	2.666,58€	2.666,58€
1.3.	<b>Electroválvula de rearme</b> manual normalmente cerrada Madas modelo <b>NC6-65</b> de 65 DN	1	1	414.68€	414,68€
1.4.	<b>Tubo de polietileno PE 80 AMARILLO</b> para el suministro de combustibles gaseosos de diámetro 90mm	mts	3	4,66€	13,98€
<b>TOTAL CAPITULO V:</b>					<b>3.601,6€</b>



## RESUMEN DE CAPITULOS

CAPITULO I:	INSTALACION SOLAR DE A.C.S. ....	40.474,34€
CAPITULO II:	INSTALACION CONVENCIONAL DE A.C.S. ....	26.133,37€
CAPITULO III:	INSTALACION DE CONSUMO AGUA FRIA, A.C.S. Y RECIRCULACION .....	19.233,33€
CAPITULO IV:	INSTALACION DE CALEFACCION.....	20.958,4€
CAPITULO V:	INSTALACION GAS NATURAL.....	3.601,6€

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL: 134.401.04€**

- 15% Gastos generales y Beneficio Industrial:..... 20.160,15€

**TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA:.....154.561,20€**

**CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS SESENTA Y UNO, CON  
VEINTE CENTIMOS DE EUROS**

- IVA 16 %.....24.729.80€

**TOTAL PRESUPUESTO GENERAL + IVA.....179.291,35€**

El presupuesto asciende:  
**CIENTO SETENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTO NOVENTA Y UNO,  
CON TREINTA Y CINCO CENTIMOS**

TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO.**

Pamplona, Febrero de 2015.  
Firmado:

Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR  
PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE  
APOYO EN UN POLIDEPORTIVO

PLAN DE SEGURIDAD

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCION .....	3
1.1. PROYECTO, PROMOTOR Y CONSTRUCTOR.....	3
1.2. OBJETO DEL PLAN .....	3
2. MEMORIA .....	4
2.1. DATOS DE LA OBRA. ....	4
2.1.1. EMPLAZAMIENTO .....	5
2.1.2. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRA. ....	5
2.1.3. ACCESOS .....	5
2.1.4. CENTRO ASISTENCIAL MÁS PRÓXIMO.....	5
2.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	5
2.2.1. TIPO DE OBRA. ....	5
2.2.2. SISTEMA TÉCNICO CONSTRUCTIVO DE LAS FASES A DESARROLLAR .....	5
2.2.3. SERVICIOS AFECTADOS. ....	6
2.2.4. CIRCULACIÓN DE PERSONAS AJENAS A LA OBRA. ....	6
2.2.5. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	6
2.2.6. SUMINISTRO DE AGUA. ....	6
3. MEMORIA DESCRIPTIVA .....	7
3.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS.....	7
3.2. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS CON RIESGOS ESPECIALES. ....	7
3.3. ORDEN DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	7
4. RIESGOS, NORMAS DE SEGURIDAD Y SISTEMA DE PROTECCIÓN COLECTIVOS Y PERSONALES SEGÚN DISTINTAS FASES DE LOS TRABAJOS. ....	8
4.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS.....	8
4.2. NORMAS SOBRE MANIOBRAS DE IZADO DE CARGAS. ....	8
4.3. MONTAJE DE LAS INSTALACIONES.....	10
4.3.1. RIESGOS NO ELIMINABLES.....	10
4.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS. ....	10
4.3.3. PROTECCIONES PERSONALES.....	11
4.3.4. NOTAS SUPLEMENTARIAS.....	12

5. MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES .....	12
5.1. MÁQUINAS HERRAMIENTAS.....	12
5.1.1. NORMAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO.....	12
5.1.2. MANEJO DE HERRAMIENTAS PUNZANTES.....	13
5.1.3. MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.....	14
5.2. SOLDADURA ELÉCTRICA.....	15
5.3. MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS .....	16
5.4. MEDIOS AUXILIARES.....	16
5.4.1. ANDAMIOS.....	16
5.4.2. ANDAMIOS TRANSPORTABLES Y GIRATORIOS. ....	17
5.4.3. ESCALERAS. ....	17
5.4.4. PROTECCIONES COLECTIVAS. ....	18
6. INSTALACIONES PROVISIONALES.....	18
6.1. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR. ....	18
6.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....	19
6.3. INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS. ....	20
7. CONDICIONES DE SEGURIDAD.....	21
7.1. DEL PERSONAL DE LA OBRA. ....	21
7.2. DEL INSTALADOR. ....	21
7.3. DEL PROPIETARIO.....	21
7.4. DEL PRESENTE PLIEGO. ....	21
8. SISTEMAS DE EVALUACIÓN.....	22
9. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA, PLANO VISTO DE SATELITE .....	25
10. PRESUPUESTO PLAN DE SEGURIDAD.....	26

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. PROYECTO, PROMOTOR Y CONSTRUCTOR.**

El plan de Seguridad y Salud contempla el Proyecto y los posteriores trabajos que son necesarios realizar, para dotar a un edificio de estas características de los equipos y sistemas para su sistema de calefacción y suministro de ACS.

El proyecto ha sido llevado a cabo por Ander Aramendia del Val (Ingeniero Técnico Industrial).

El Propietario del polideportivo es la Ikastola San Fermín, ubicada en Cizur Menor.

### **1.2. OBJETO DEL PLAN**

Este Plan de Seguridad y Salud establece durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación y conservación, mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa instaladora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre.

La empresa adjudicataria de las obras podrá modificar los elementos auxiliares, maquinaria y sistemas de prevención que en este Plan se presentan, siempre que la Dirección Facultativa lo autorice, quedando reflejado cualquier cambio en el Libro de Incidencias existente en obra.

El presente Plan se presentará a la aprobación expresa de la Dirección Facultativa. Una vez aprobado el Plan se presentará a la Autoridad Labor al solicitar la apertura del nuevo centro de trabajo.

En todo momento estará disponible en obra una copia del presente Plan de Seguridad y Salud al igual que el Libro de Incidencias suministrado por el Colegio Profesional correspondiente a la Dirección Facultativa.

En el presente estudio se analizarán los trabajos necesarios para la ejecución de la “Instalación de calefacción y ACS de un Polideportivo”, se identificarán los riesgos inherentes a dichos trabajos y se dispondrán las premisas para la selección y adopción de las medidas preventivas para el control de los riesgos.

## **2. MEMORIA**

### **2.1. DATOS DE LA OBRA.**

La obra que se va a acometer se realizará en tres fases.

En la primera fase, se procederá a la instalación para la calefacción del polideportivo, esta estará suministrada por una caldera de gas situada en la sala de instalaciones, así como todos los elementos necesarios para su distribución por todos los emisores de calor dispuestos por todo el edificio, según los planos realizados, que dará cobertura tanto a la calefacción como al calentamiento del agua caliente sanitaria.

La segunda supondrá la instalación convencional de agua caliente sanitaria del polideportivo. Esta instalación consiste en la colocación de una caldera de gas, que será la misma tanto para el ACS como para la calefacción, como se ha mencionado anteriormente, así como la colocación de todos los elementos pertinentes para su correcto funcionamiento.

La tercera fase y más importante mirando al aprovechamiento energético será la colocación de un circuito de energía solar térmica. Esta será la encargada de abastecer el calentamiento del agua caliente sanitaria, teniendo como apoyo el sistema de calentamiento convencional. Se colocaran 30 paneles solares en la cubierta del edificio, así como toda la circuitería, para su posterior almacenamiento en los acumuladores dispuestos en la sala de instalaciones.

Se colocaran aerotermos en la cancha y fancoils en vestuarios aseos y despacho, las tuberías de alimentación y retorno irán por el interior en el falso techo en cada recinto.

Los trabajos que deben realizarse, serán básicamente la colocación de los equipos sobre sus soportes, la interconexión de los elementos necesarios para el funcionamiento de los equipos utilizando tuberías, válvulas, bombas, etc., conductos de distribución de agua, la instalación eléctrica correspondiente y las pruebas de funcionamiento pertinentes.

### **2.1.1. EMPLAZAMIENTO**

El edificio en donde se va a proceder a la instalación de los diferentes equipos, está situada en la localidad de Cizur Menor en la Comunidad Foral de Navarra. Cuya situación se muestra en los planos, y su emplazamiento será el que aparecerá al final de este documento, mediante una foto de satélite.

### **2.1.2. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRA.**

El plan de ejecución de obra previsto es de 3 meses.

### **2.1.3. ACCESOS.**

Los accesos al edificio tanto peatonal como rodados se realizan desde la carretera que llega a la ikastola San Fermín. Los accesos interiores se realizarán mediante viales perfectamente urbanizados.

### **2.1.4. CENTRO ASISTENCIAL MÁS PRÓXIMO.**

Para la asistencia hospitalaria se acudirá a la Clínica universitaria situada en Pamplona.

## **2.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.**

### **2.2.1. TIPO DE OBRA.**

La obra a realizar es de promoción privada. Tiene como finalidad la colocación de los elementos necesarios para calefactar el recinto, así como dotar a la producción de ACS de un sistema de energías renovables, cumpliendo así con la normativa vigente.

### **2.2.2. SISTEMA TÉCNICO CONSTRUCTIVO DE LAS FASES A DESARROLLAR.**

Instalación de unidades calefactoras y abastecimiento de ACS y agua fría en el edificio, conductos de agua para impulsión y retomo, toberas y



rejillas.

Instalación de la sala de calderas y sistema de acumulación para el ACS.

Instalación de los colectores solares en la cubierta.

### **2.2.3. SERVICIOS AFECTADOS.**

Se encuentran a pie de solar todas las instalaciones necesarias para la realización de la obra. Se prevé la realización de acometidas de todas ellas acomodándolas a las necesidades de ejecución.

### **2.2.4. CIRCULACIÓN DE PERSONAS AJENAS A LA OBRA.**

Está totalmente prohibido el acceso a la obra de personas ajenas a la misma, lo cual se regulará con señalización correspondiente en todos los accesos a la misma.

### **2.2.5. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

El suministro eléctrico, tanto de las instalaciones de mando y control de las unidades a instalar, como las correspondientes a tomas auxiliares para la realización de la obra, se efectuará desde las líneas de distribución y de los cuadros correspondientes instalados cerca de los puntos de consumo.

### **2.2.6. SUMINISTRO DE AGUA.**

La toma de agua para el llenado de las instalaciones se realizará de las canalizaciones de agua fría que la ikastola San Fermín dispon

### **3. MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **3.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS.**

- Ejecución y comprobación del replanteo con aprobación del acta correspondiente.
- Vallado y cerramiento de la zona de obras.
- Señalización de zonas de entrada y salida de personas y vehículos.
- Colocación de señales de seguridad “Prohibido el paso a personas ajenas a la obra”, “Uso obligatorio de casco”, etc.
- Se comprobará la protección sobre lodo de las vías de circulación tales como escaleras y pasarelas metálicas que sea necesario utilizar.
- Se pondrá especial atención en lo relacionado al despeje de las vías de circulación, retirando los materiales pertenecientes a la Empresa que dificulten dicho tránsito.

#### **3.2. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS CON RIESGOS ESPECIALES.**

A medida que se vayan sucediendo los trabajos y se sucedan las diferentes fases de la obra, también se irán modificando las zonas de prevención de los riesgos.

No obstante, se pueden señalar algunas zonas en las que los riesgos pueden ser ciertos si no se toman las debidas medidas de protección personales o colectivas, que se especifican más adelante en este plan.

Entre las citadas zonas, cabe destacar los alrededores de las zonas en donde se realicen operaciones de montaje con riesgos de caídas de objetos, atropellos de maquinaria, generación de polvo, etc.

#### **3.3. ORDEN DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.**

Primero se procederá a la inspección visual de la obra, para comprobar que no existen riesgos generales, tales como escaleras o huecos mal protegidos, que las vías de acceso a los trabajos están libres de obstáculos y que las tomas tanto eléctricas como de agua que debe suministrar el Contratista principal, se encuentran perfectamente definidas y protegidas.

A continuación se hará todo el montaje de las instalaciones tanto de ACS como de la calefacción solar y convencional, así como bombas de circulación, tuberías, etc.

Se procederá a la instalación eléctrica correspondiente, colocando los cuadros de maniobra y control necesarios y finalizando con el tendido del cableado y la conexión de los distintos equipos.

Por último, se procederá a las pruebas de presión de funcionamiento, haciendo especial hincapié en las relacionadas con la seguridad de las instalaciones.

#### **4. RIESGOS, NORMAS DE SEGURIDAD Y SISTEMA DE PROTECCIÓN COLECTIVOS Y PERSONALES SEGÚN DISTINTAS FASES DE LOS TRABAJOS.**

##### **4.1. TRABAJOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS.**

Se comprobará que las zonas de trabajo se encuentran limpias y ordenadas.

Se comprobará que las instalaciones auxiliares, se encuentran en perfecto estado y que las zonas de trabajo se corresponden con lo especificado en el correspondiente Plan General de Seguridad de la obra.

Se comprobará que existen las señalizaciones informativas y de seguridad en las distintas fases de la ejecución de los trabajos y que se delimitan las zonas de paso, para que no existan interferencias con los demás gremios que actúan en la obra.

##### **4.2. NORMAS SOBRE MANIOBRAS DE IZADO DE CARGAS.**

Comprende las operaciones de carga y descarga y colocación de elementos pesados desde el camión, hasta el lugar en donde se deben colocar, realizada con grúa automóvil o camión grúa. Para ello habrá que tener en cuenta las siguientes normas de seguridad.

- Tómense todas las precauciones, con el fin de evitar la caída de objetos durante el transpone.
- Tensar los cables una vez enganchada la carga.
- Elévense cuidadosamente y suavemente para permitir que la carga adopte su posición de equilibrio.
- Asegurarse de que los cables no patinan y que los ramales están tendidos por igual.
- Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada, deposítense en el suelo y vuélvanse a efectuar las maniobras indicadas anteriormente. Si el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, suspender la maniobra de izado y comprobar el motivo de dicha resistencia, precediéndose a corregir el defecto.
- No sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden atrapadas entre la carga y el cable. Debe realizarse el desplazamiento de la carga cuando ésta esté suficientemente elevada y no se corre peligro de chocar con obstáculo alguno
- Si el recorrido es elevado, debe desplazarse a velocidad moderada y a la menor altura posible.
- Debe efectuarse el desplazamiento de la carga, teniendo a la vista al maquinista de la grúa.
- El movimiento de izado debe realizarlo sólo.
- Asegurarse de que la carga no golpeará ningún obstáculo al adquirir su posición de equilibrio.
- Reténgase la carga mediante cuerdas o cables.
- Hágase levantar el gancho de la grúa, para que ningún obstáculo golpee con el mismo o se enganchen los cables suspendidos.
- No dejar la carga suspendida encima de un paso.
- Procúrese no depositar las cargas en pasillos con circulación.
- Deposítense las cargas sobres calzos y en lugares suficientemente resistentes, evitándose tapas de bocas o alcantarillas.
- No aprisionar los cables al depositar las cargas.
- Comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.
- Cálcese la carga que pueda rodar, utilizando calzos cuyo espesor sea 1/10 el diámetro de la carga.

Para la utilización de la grúa automóvil, se hará hincapié en los siguientes aspectos:

- El área de trabajo estará perfectamente delimitada y señalizada.
- Comprobación de la resistencia del terreno, por responsables de la obra en los lugares donde se vaya a apoyar la grúa

- Manejo exclusivo por persona responsable y especializada.
- En la proximidad de taludes, zanjas, etc., no se ubicará la grúa sin permiso del responsable de la obra, que autorizará en su caso las distancias más adecuadas.

### **4.3. MONTAJE DE LAS INSTALACIONES**

#### **4.3.1. RIESGOS NO ELIMINABLES.**

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Proyección de fragmentos o panículas.
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas.
- Sobreesfuerzos y posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- Exposición a temperaturas extremas.
- Contactos eléctricos.
- Incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Agentes físicos.
- Agentes químicos.

#### **4.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS.**

- Los huecos que queden en el forjado siempre estarán bien protegidos y con los medios que ofrezcan garantías de solidez y estabilidad (barandillas bien ancladas al forjado, anejo exclusivo por persona responsable y especializada, mallazo embutido en el hormigón, entablado sujeto de manera que no se pueda deslizar...)
- No se usarán nunca como barandillas cuerdas, cadenas o material plástico en forma de red.
- Se emplearán medios auxiliares en perfecto estado de uso.
- Instalación correcta.
- Uso acorde a las instrucciones de trabajo correspondientes (ver ITE correspondientes a escaleras, andamios y plataformas elevadoras).
- Pasarela con anchura mínima de 60 cm.
- Los elementos que la componen no se podrán separar entre sí.

- En sus lados abiertos, se colocarán barandillas de 90 cm. de altura y rodapiés de 20m.
- Mantener limpia la zona de trabajo.
- Montaje correcto de los andamios perfectamente arriostrados.
- Correcto acopio de materiales en la obra.
- Obligatorio calzado de seguridad con puntera de acero.
- Utilización de guantes para el traslado del material.
- Nunca permanecerá ningún operario bajo cargas suspendidas aun cuando sea en ayuda de la maniobra.
- No se dejarán los aparatos de izar con cargas suspendidas.
- Los cables y ganchos cumplirán las especificaciones contempladas en su correspondiente instrucción técnica.
- Importante la utilización de casco homologado.
- Las barandillas, tanto de andamios como de plataformas elevadoras, como de las protecciones de huecos, dispondrán de rodapiés para evitar la caída de objetos.
- Si existen trabajadores realizando trabajos en altura, es importante acotar la zona inferior y señalar las zonas de paso.
- Calzado de seguridad con plantilla resistente a la perforación.
- Orden y limpieza en la zona de trabajo y circulación deberán permanecer limpieza, ordenadas y bien iluminadas.
- Correcto mantenimiento y utilización de las herramientas manuales.
- Utilizar la herramienta de acuerdo con la especificación técnica correspondiente.
- Utilizar gafas de seguridad.
- Las transmisiones por poleas, serán protegidas mediante carcasa que impidan el acceso directo a los órganos en rotación.
- Los tubos en rotación quedarán protegidos mediante carcasas anti golpes o atrapamientos.
- Toda pieza en la que se trabaje, debe amarrarse con firmeza y seguridad en la mesa de la maquina antes de ponerla en marcha.
- Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal experto.

#### **4.3.3. PROTECCIONES PERSONALES.**

- Casco homologado en todo el momento.
- Guantes de cuero para el manejo de materiales.
- Uso de cinturón portaherramientas.
- Mono de trabajo y trajes de agua.
- Botas de goma con suela antideslizante.

- Calzado con suela reforzada anti clavo.
- Los trabajadores sometidos a nivel de ruido continuado que supere los límites legales, deberán estar provistos de tapones o auriculares.
- Cinturón de seguridad para los trabajos en altura.
- Gafas de protección contra proyecciones de partículas o polvo.
- Gafas de protección para los trabajos de soldaduras.
- Peto para los trabajos de soldadura.
- Mascarillas de filtro mecánico en trabajos con polvo y pintura.
- Guantes dieléctricos para los trabajos en tensión.

#### **4.3.4. NOTAS SUPLEMENTARIAS.**

Toda fase de trabajo, partida o elemento que se modifique durante la ejecución de los trabajos, se estudiará en un anexo al Plan de Seguridad y Salud y se indicará en el Libro de incidencias.

Cualquier duda por parte de un gremio, sobre la forma de realizar una fase del trabajo, o sobre la correcta utilización de elementos auxiliares o maquinaria, será consultada a la Dirección Facultativa.

## **5. MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y MEDIOS AUXILIARES**

### **5.1. MÁQUINAS HERRAMIENTAS.**

#### **5.1.1. NORMAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO.**

##### **Causas de los riesgos**

- Negligencia del operario.
- Herramientas con mangos sueltos o rajados.
- Destornilladores improvisados, fabricados “in situ” con materiales y procedimientos inadecuados.
- Utilización inadecuada como herramienta de golpeo sin serlo.
- Utilización de herramientas manuales como palanca sin ser esa su función.
- Prolongar los brazos de palanca utilizando tubos.

##### **Medidas de Prevención**

- No llevar llaves y destornilladores sueltos en los bolsillos, sino en fundas adecuadas sujetas al cinturón.
- No sujetar con la mano la pieza en la que se va a atornillar.
- No se emplearán cuchillos o medios improvisados para sacar tornillos.
- Las llaves se utilizarán limpias y sin grasa.
- No utilizar las llaves para martillar, remachar o como palanca.
- No empujar nunca una llave si no tirar de ella.
- Emplear la llave adecuada a cada tuerca.

### **5.1.2. MANEJO DE HERRAMIENTAS PUNZANTES.**

#### **Causas de los Riesgos**

- Cabezas de cinces y punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al mango de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.
- Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.
- Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.
- Desconocimiento o imprudencia del operario.

#### **Medidas de prevención.**

- En cinces y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presente rebabas, rajaduras o lisuras.
- No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en mano. Para un buen funcionamiento, deberán estar perfectamente afiladas.
- No cincelar, taladrar o marcar etc... Nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia fuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.
- No se emplearán nunca los cinces y puntero para aflojar tuercas.
- El vástago será suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano.
- No mover la broca o cincel para agrandar agujeros, se pueden proyectar esquirlas.
- Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se toman quebradizas y frágiles.

#### **Medidas de protección.**

- Deben emplearse gafas anti-impactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y tocos desprendidos de material pueden dañar la vista.
- Se dispondrá de pantallas faciales con protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios



### 5.1.3. MÁQUINAS ELÉCTRICAS PORTÁTILES.

#### Riesgos

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

- Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar se dejará limpia y desconectada de la corriente.
- El operario debe estar adiestrado en su uso y conocer las presentes normas.

#### Taladro

- Utilizar gafas anti-impacto o pantalla facial.
- La ropa de trabajo no presentará partes sueltas colgantes.
- En caso de producir polvo, utilizar mascarilla
- Par fijar las brocas utilizar la llave adecuada para ese uso.
- No frenar el taladro con la mano.
- No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento.
- No inclinar la broca para agrandar agujeros.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta esta estará apoyada y sujeta.
- Al terminar el trabajo no dejar la broca en el taladro.

#### Esmeriladora circular.

- El operario se equipará con gafas antipartículas, herméticas, ajustables mediante goma elástica, protección auditiva y guantes de seguridad.
- Se seleccionará el disco adecuado al trabajo a realizar, el material y la máquina.

- No utilizar muelas que no lleven las indicaciones obligatorias, tales como grano, grado, velocidad máxima de trabajo, diámetro máximo y mínimo, etc.
- El cambio de disco se realizará siempre con la máquina parada.
- No atacar bruscamente la pieza a amolar.
- Poner cuidado en que ningún cuerpo extraño, se introduzca entre la muela y el protector.
- No trabajar con las caras de una muela plana.
- No trabajar con la ropa floja o suelta.
- Fijarán los discos con la llave especial preparada al efecto.
- Las muelas abrasivas, deberán estar protegidas en la mitad del diámetro del disco como mínimo.
- Vigilar el desgaste del disco para evitar que casque.
- Se recomienda la colocación de mamparas para evitar daños a terceros.
- Para pasar herramientas de un operario a otro, realizarlo siempre con la máquina parada y a ser posible dejarla en el suelo para que el otro la coja.
- Los cables eléctricos deberán estar en perfecto estado.

## **5.2. SOLDADURA ELÉCTRICA.**

En previsión de contactos eléctricos respecto al circuito de alimentación se deberán adoptar las siguientes medidas:

- Revisar periódicamente el buen estado del cable de alimentación.
- Adecuado aislamiento de bornes.
- Conexión y perfecto funcionamiento de la toma de tierra.
- Que la pinza se encuentra aislada.
- El operado deberá utilizar careta de soldador de características filtrantes DIN 12.

En previsión de proyecciones de partículas incandescentes se adoptarán las siguientes previsiones:

- El operario utilizará guantes de soldador, pantalla facial, chaqueta de cuero, mandil, polainas y botas de soldador.
- Se colocarán adecuadamente mantas ignífugas y las mamparas opacas para resguardar de rebotes al personal próximo.

Se adoptarán precauciones para que la soldadura no dañe:

- Redes y cuerdas de seguridad al entrar en contacto con el calor, chispas, escoria, etc.
- Provocar incendios al entrar en contacto con materiales combustibles.

- Provocar deflagraciones al entrar en contacto con vapores y sustancias inflamables.
- Los soldadores deberán tomar precauciones para impedir que cualquier parte del cuerpo o ropa de protección húmeda cierra un circuito eléctrico o con el elemento expuesto del electrodo o porta-electrodo cuando esté en contacto con la pieza a soldar.

### **5.3. MANIPULACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS**

En los trabajos de montaje se pueden emplear sustancias químicas perjudiciales para la salud, sobre todo decapantes, desengrasantes, limpiadores, pegamentos, desoxidantes, pinturas, etc.

Cuando se utilicen se deberán tomar las siguientes medidas:

- Los recipientes que contengan estas sustancias estarán etiquetadas indicando, el nombre comercial, composición, peligros derivados de su manipulación, normas de actuación (según legislación vigente).
- Se seguirán fielmente las indicaciones del fabricante.
- No se rellenarán envases de bebidas comerciales con estos productos.
- Se utilizarán en lugares ventilados, haciendo uso de gafas panorámicas o pantalla facial, guantes resistentes a los productos y mandil igualmente resistente.
- En el caso de tener que utilizarse en lugares cerrados o mal ventilados se emplearán mascarillas con filtro químico adecuado a las sustancias manipuladas.
- Al hacer disoluciones con agua, se verterá el producto químico sobre el agua con el objeto de que las salpicaduras estén más rebajadas.
- No se mezclarán productos de distinta naturaleza.

### **5.4. MEDIOS AUXILIARES.**

#### **5.4.1. ANDAMIOS.**

##### **Riesgos**

Caídas a distinto nivel de personas, materiales y herramientas por :

- Deslizamientos.
- Basculamientos.
- Rotura de tablonos.
- Rotura de andamio.

- Golpes, cortes, etc.

### **Normas de Seguridad**

- Los elementos de unión de las distintas piezas han de cumplir su función con la permanencia y fijeza debidas.
- Tiene que asegurarse tanto a los trabajadores que han de trabajar en el andamio como a los demás.
- Deben tenerse en cuenta dentro de las cargas de trabajo el peso del material que provisionalmente se acumulará en el andamio, así como los mecanismos o aparejos que puedan situarse sobre ellos.
- Todos los andamios antes de su primera utilización deben someterse a un reconocimiento y a una prueba de carga por personal competente.
- Los reconocimientos deben repetirse diariamente.

#### **5.4.2. ANDAMIOS TRANSPORTABLES Y GIRATORIOS.**

- Ha de vigilarse la completa solidaridad de todos los elementos fijos y móviles del conjunto.
- La altura no podrá ser superior a cuatro veces su lado menor.
- Las medas dispondrán de dispositivo de bloque o en caso contrario, se deberán acuñar por ambos lados.
- El desplazamiento del andamio, se deberá efectuar sin personas en él.
- En los metálicos se determinarán el número de perfiles o tubos que los constituyen, su sección, disposición y separación entre ellos, piezas de unión arrosamientos. Anclajes. etc., de forma que pueda cumplirse la perfecta estabilidad y seguridad de los trabajadores.

#### **5.4.3. ESCALERAS.**

##### **Utilización de escaleras.**

- El ascenso y descenso de la escalera se realizará siempre de frente a la misma.
- No se utilizarán por más de un trabajador.
- No se transportarán pesos de más de 25 Kg. sobre la misma.
- Se llevarán las manos libres (Utilizar caja portaherramientas).
- No se trabajará fuera de la vertical de la escalera.
- No se colocara la escalera detrás de puertas móviles.

##### **Uso de escaleras portátiles de mano.**

- Los largueros serán de una sola pieza.

- Los peldaños estarán ensamblados.
- No existirán empalmes en los largueros de las escaleras.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes en su extremo inferior.
- Dispondrán de ganchos de sujeción o anclajes en su parte superior.
- Superarán en la medida de lo posible en 1 m el punto superior de apoyo.
- La inclinación de la escalera será aproximadamente de 75°.

#### **Uso de escaleras de tijera.**

- Dispondrán de topes de seguridad en su articulación superior.
- Estarán provistas de cable o cadena que impida su abertura.

#### **5.4.4. PROTECCIONES COLECTIVAS.**

- Todo el contorno de los andamios tiene que estar protegido por barandillas sólidas y rígidas de 90 cm. de altura y por rodapiés que eviten el deslizamiento de los trabajadores, materiales o herramientas.
- No puede almacenarse en los andamios más material que el necesario para la continuación de los trabajos.
- Los tablones serán antideslizantes y se mantendrán libres de obstáculos.
- Los obreros deberán estar dotados de casco de seguridad, cinturón de seguridad, guantes y botas deslizantes.

### **6. INSTALACIONES PROVISIONALES.**

Las instalaciones provisionales de la obra, estarán instaladas por el contratista principal de la misma y no son responsabilidad de esta subcontrata, sin embargo se comprobarán los apartados siguientes.

#### **6.1. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.**

Las instalaciones provisionales de la obra se adaptarán en lo relativo a elementos, dimensiones y características a lo especificado en los Artículos 39, 40 4 1 y 42 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene y 335, 336 y 337 de la Ordenanza Laboral de la Construcción.

En cumplimiento de los citados artículos, la obra dispondrá de locales para vestuario, servicios higiénicos y comedor, debidamente dotados.

Los vestuarios tendrán unas dimensiones de 2 metros cuadrados por cada trabajador que haya de utilizarlos, con una altura mínima de 2,3 metros. Dispondrá de iluminación y calefacción, y estarán equipados con asientos y

taquillas individuales con llave. Los ascos dispondrán de un lavabo con espejo y ducha, con agua caliente y fría, por cada 10 trabajadores, así como un WC por cada 25 trabajadores, con unas dimensiones mínimas de 1 \* 1,2 metros de superficie y 2,3 metros de altura. Estarán debidamente ventilados y dispondrán de iluminación y calefacción.

Para la limpieza y conservación de los locales, se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria.

## **6.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

La instalación eléctrica ha de adaptarse en todos sus elementos a lo especificado en el “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión”, instrucciones M1-BT-027(2). Instalación en locales mojados y M1-BT-028 (4). Instalaciones temporales. Obras.

Se realizará el suministro eléctrico para la obra a través de un cuadro que cumpla las normas de la compañía suministradora. Estará dotado de seccionador general de corte automático; estará construido de modo que se evite el contacto con los elementos bajo tensión y dispondrá de protecciones contra fugas a tierra, cortocircuitos y sobrecargas mediante interruptores magnetotérmicos y diferenciales de 300 mA de sensibilidad.

De este cuadro podrán salir circuitos de alimentación a los cuadros secundarios, que podrán ser móviles y estarán dotados de interruptor general magnetotérmico, y las salidas estarán protegidas con interruptores magnetotérmicos y diferenciales de 30 mA de sensibilidad.

Los riesgos más frecuentes son las descargas eléctricas de origen directo e indirecto y el mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.

Las derivaciones de conexión de cuadros secundarios a grupos de soldadura y máquinas herramientas se realizarán con Terminal de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada. Estas derivaciones al ser portátiles no estarán sometidas a tracción mecánica que originen su rotura.

Se evitará que los conductos vayan por el suelo, o en caso necesario no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos al atravesar zonas de paso, estando protegidas adecuadamente.

Los aparatos portátiles que sean necesarios para los trabajos serán estancos al agua y estarán aislados.

Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la cara aislante de protección. Los empalmes entre mangueras estarán siempre elevados y se realizará un mantenimiento periódico del estado de las mangueras, tomas de tierra, enchufes, cuadros, distribución, etc.

Riesgos más Frecuentes.

- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Los derivados de caídas de tensión en la instalación por sobrecarga.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra (incorrecta instalación, picas que anulan los sistemas de protección del cuadro general).
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

### 6.3. INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS.

Las fuentes de calor susceptibles de provocar un incendio pueden ser hogueras, braseros, rayos solares, trabajos de soldadura, cigarrillos, conexiones eléctricas, y los posibles combustibles, las maderas, carburantes de maquinaria, pinturas.

Los riesgos más comunes son las quemaduras corporales en mayor o menor grado y la intoxicación por humos y gases.

Se realizarán revisiones periódicas de la instalación eléctrica provisional, así como le correcto acopio de sustancias, alejadas de todo posible foco de calor, situando éstas en almacenes creados al efecto o en zonas acotadas.

Deberá señalarse perfectamente la existencia de productos inflamables que estarán almacenados en un lugar diferente al de trabajo con envases perfectamente cerrados e identificados. Si fuese necesario, se almacenarán en un recinto único donde se depositará la cantidad estrictamente necesaria

La prevención contra incendios durante el desarrollo de las obras se realizará a base de extintores.

Se deberá disponer de, al menos, un extintor de eficacia 21 M13 13 de 6 Kg. de capacidad de polvo polivalente.

Las zonas de trabajo deberán estar limpias y ordenadas para facilitar la rápida evacuación del personal de la zona del incendio.

Se señalizarán los lugares de prohibición de fumar y la situación de extintores.

## **7. CONDICIONES DE SEGURIDAD.**

### **7.1. DEL PERSONAL DE LA OBRA.**

Todo operario que por razón de su oficio haya de intervenir en la instalación, tiene derecho a reclamar de su dirección todos aquellos elementos que de acuerdo con la legislación vigente, garanticen su seguridad personal durante la preparación y ejecución de los trabajos.

El instalador exigirá de sus operarios el empleo de los elementos de seguridad.

### **7.2. DEL INSTALADOR.**

Es obligación del instalador, dar cumplimiento a lo legislado y vigente, respecto de honorarios, jornales y seguros, siendo sólo él responsable de las sanciones que de su incumplimiento pudieran derivarse.

### **7.3. DEL PROPIETARIO.**

El propietario o contratista tiene la obligación de facilitar al instalador un ejemplar completo del presente Proyecto, a fin de que pueda hacerse cargo de todas y cada una de las obligaciones que se especifican en este Pliego.

### **7.4. DEL PRESENTE PLIEGO.**

El presente Pliego de Condiciones Técnicas de Seguridad tiene el carácter de órdenes fehacientes comunicadas al instalador, el cual antes de dar comienzo deberá leerlo completo, no pudiendo luego alegarse ignorancia, por ser parte importante del Proyecto.



## 8. SISTEMAS DE EVALUACIÓN.

El criterio observado para la evaluación de los riesgos es el indicado en la N.T.P.330-193 editada por el I.N.S.H.T. en la que se describe un sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

A continuación se indica brevemente el método de evaluación de los riesgos elegido:

### NIVEL DE EFICIENCIA

NIVEL DE DEFICIENCIA	D	SIGNIFICADO
Muy Deficiente (MD)	0	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz
Deficiente (D)		Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)		Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (A)		No se ha detectado ninguna anomalía destacable. El riesgo está controlado. No se valora.

### NIVEL DE EXPOSICION

NIVEL DE EXPOSICION	E	SIGNIFICADO
Continuada (EC)		Continuadamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado
Frecuente (EF)		Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos.

Ocasional (EO)		Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
Esporádica (EE)		Irregularmente.

### NIVEL DE PROBABILIDAD

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND	SIGNIFICADO
Muy Alta (MA)	0 4	Situación deficiente con exposición continuada, o con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alta (A)	0 0	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible varias veces en el ciclo laboral.
Media (M)		Situación deficiente con exposición esporádica, situación mejorable con exposición continuada o frecuente. La materialización del riesgo es posible que suceda alguna vez.
Baja (B)		Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

### NIVEL DE CONSECUENCIAS

NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	SIGNIFICADO	
		DAÑOS PERSONALES	DAÑOS MATERIALES
Mortal o catastrófico (M)	100	1 muerto o mas	Destrucción total del sistema, difícil renovarlo

Muy grave (MG)	60	Lesiones graves, pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema, compleja reparación
Grave (G)	25	Lesión con incapacidad laboral	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones, sin hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso.

**NIVEL DE RIESGO: NP \* NC**

		NIVEL DE PROBABILIDAD			
		40-24	20-10	8-6	4-2
NIVEL DE CONSECUENCIA	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	III 240-120
	25	I 1000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
	10	I 400-240	II 200-100	III 80-60	IV 40-20

**NIVEL DE INTERVENCION**

NIVEL DE INTERVENCION	NR	SIGNIFICADO
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control.
III	120-40	Mejorar si es posible, justificar intervención y rentabilidad.
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis mas preciso lo justifique.

## 9. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA, PLANO VISTO DE SATELITE

Se representan las vías por las que circularan los vehículos autorizados a la obra, así como el vallado y cerramiento de la obra con su correspondiente señalización y la ubicación de la caseta de los operarios.



- Rojo: entrada y salida de vehiculos de obra
- Azul: caseta de obra
- Amarillo: Vallado y señalización de operarios de la obra

## 10. PRESUPUESTO PLAN DE SEGURIDAD

Cód.	Descripción	Uds.	Total	Precio	Importe
1.1.	Alquiler caseta de obra para operarios.	1	1	102€/mes	255€
1.2.	<b>Vallado y cerramiento de obra</b> Bastidor de mallazo electro soldado de medidas 3500x2000mm de altura, con bases de hormigón	25	25	0,25€/dla	468,75€
1.3.	<b>Barandilla de protección</b> prefabricada, 1 m de altura con tornillos de recatado	50	50	1,25€	62,5€
1.4.	<b>Carteles de señalización</b> , mixtos y cinta de balizamiento.	6	6	20,88€	125,28€
1.5.	<b>Botas de seguridad</b> SP1, piel negra, plantilla anti perforación, puntera 200J	3	3	14,95€	44,85€
1.6.	<b>Chaleco soldador</b> de tejido ignifugo especial, para trabajadores en altura.	3	3	118,99€	356,97€
1.7.	<b>Pantalón NIQUEL</b> , gran resistencia y comodidad. Reforzado en rodillas y trasero.	3	3	13,66€	40,98€
1.8.	<b>KIT Anti caídas</b> , Arnés enganche dorsal, cuerda 1 m, 2 mosquetones y bolsa.	3	3	26,61€	79,83€
1.9.	<b>Gafa JPM</b> con orificio de ventilación directa, anti impacto y anti polvo EN 166	3	3	1,44€	4,32€
2.0.	<b>Pantalla de cabeza</b> , para soldador de fibra vulcanizada, mirilla fija.	3	3	13,02€	39,06€

2.1.	<b>Guante soldador,</b> serraje de vacuno, costuras Kevlar, forro interior	3	3	14,95€	44,85€
2.2.	<b>Guante</b> mixto de serraje de vacuno reforzado en palma. EN 388,4	3	3	5,75€	17,25€
2.3.	<b>Orejera PELTOR</b> OPTIME I, resorte de acero inoxidable, almohadilla de relleno SNR 27dB.	3	3	15.75€	47,25€
2.4.	<b>Mascarilla 3M,</b> gama estándar	3	3	17,8€/caja	53,4€
2.5.	<b>Casco de seguridad,</b> básico con rueda EN 397	3	3	5,37€	16,11€
2.6.	Cinturón portaherramientas, fabricado en poliéster.	3	3	43,43€	130,29€
<b>TOTAL</b>				<b>1.786,69€</b>	
Mano de obra para el cumplimiento de este plan de seguridad por un técnico cualificado (2h/día*20€)					
<b>TOTAL PRESUPUESTO PLAN DE SEGURIDAD:</b>				<b>3.786,69€</b>	

**Total: 3.786,69€**

- 16% IVA: 605,87€

**Presupuesto de Plan de seguridad: 4.392,56€**

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:  
**CUATRO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS, CON CINCUENTA  
 Y SEIS CENTIMOS**

TITULO DEL TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO**

Pamplona, Febrero de 2015.

Firmado:

Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

### BIBLIOGRAFIA

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015



## INDICE

1. INTRODUCCION: .....	2
2. NORMATIVAS:.....	2
3. LIBROS Y APUNTES: .....	2
4. PROGRAMAS INFORMATICOS:.....	3
5. CATALOGOS COMERCIALES: .....	3

## 1. INTRODUCCION:

Durante la realización del proyecto de “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN POLIDEPORTIVO”, ha sido necesaria la consulta y recopilación de información de los siguientes documentos:

## 2. NORMATIVAS:

-**Código Técnico de la Edificación (CTE).** Documento Básico HE - Ahorro de energía. *Ministerio de Vivienda.*

-**Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).**

-**Normas UNE de aplicación**

-BOE (<http://www.minetur.gob.es>)

-CTE ( <http://www.codigotecnico.org>)

-IDEA (<http://www.idae.es>)

## 3. LIBROS Y APUNTES:

- Manual de usuario de CE3X\_
- Apuntes de FP superior de edificio bioclimático (IMARCOAIN)
- “Estimación de la radiación solar y aplicaciones”  
( Miguel Angel Hernandez Cruz , gobierno de navarra prensa publicac, 2005)
- Tuberías, cálculo de pérdidas de presión y criterios de diseño
- Energías Renovables. Energía Solar Térmica. Gobierno de Navarra

#### **4. PROGRAMAS INFORMATICOS:**

Destacan:

- CE3X, PROGRAMA DE CALIFICACION ENERGETICA EN EDIFICIOS EXISTENTES.
- AUTOCAD 2013.
- TABLAS DE CÁLCULO EXCEL.
- PROGRAMA CALCULO SOLAR, METODO F-CHART GOBIERNO DE NAVARRA

#### **5. CATALOGOS COMERCIALES:**

- [www.thisa.es](http://www.thisa.es)
- [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com)
- [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)
- [www.ferroli.es](http://www.ferroli.es)
- [www.ibiondo.es](http://www.ibiondo.es)
- [www.saunierduval.es](http://www.saunierduval.es)
- [www.chromagen.es](http://www.chromagen.es)
- [www.censolar.es](http://www.censolar.es)

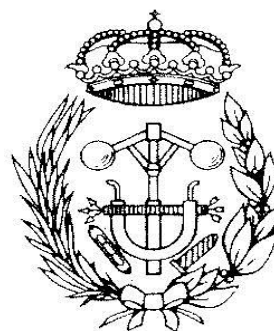
TITULO DEL PROYECTO:

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS Y  
CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO EN UN  
POLIDEPORTIVO.**

Pamplona, Febrero de 2015.

Firmado:

Ander Aramendia del Val  
Ingeniero Técnico Industrial



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

ANEXO 1:EFICIENCIA ENERGETICA

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## INDICE

EFICIENCIA ENERGETICA .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. ¿Qué es la eficiencia energética? .....	2
1.2. Ventajas y usos de la Eficiencia Energética: .....	3
1.3. ¿Cómo conseguir la Eficiencia Energética? .....	4
2. NORMATIVA .....	4
2.1. EL ORIGEN .....	4
2.2. SITUACIÓN ACTUAL .....	6
2.3. OBJETIVOS .....	7
2.4. OBLIGACIÓN DE OBTENER Y EXHIBIR EL CERTIFICADO .....	8
2.5. REGISTRO Y CONTROL .....	8
2.6. EXENCIONES .....	8
2.7. CERTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO .....	9
2.8. CONTENIDO DEL CERTIFICADO .....	10
2.9. EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN .....	11
2.10. TÉCNICOS COMPETENTES .....	12
2.11. PROGRAMAS .....	13
3. CALCULOS .....	13
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE: .....	13
3.2. PESTAÑA “DATOS ADMINISTRATIVOS” .....	13
3.2. PESTAÑA “DATOS GENERALES” .....	14
3.3 CREACIÓN DE UN PATRÓN DE SOMBRAS .....	15
3.4 PESTAÑA “ENVOLVENTE TÉRMICA” .....	15
3.4.1 CUBIERTAS .....	15
3.4.2 MURO .....	16
3.4.3 SUELO .....	17
3.4.6 PUENTES TÉRMICOS .....	17
3.5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA .....	18
3.6. MEDIDAS DE MEJORA .....	18
3.7. GENERAR EL INFORME DEL PROYECTO .....	19

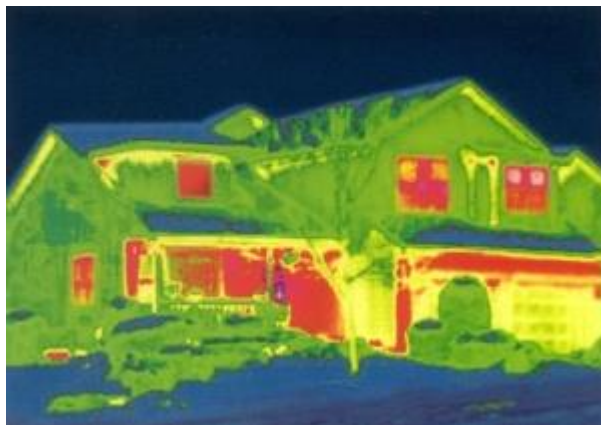
### 3.8. GENERAR LA ETIQUETA ENERGÉTICA ..... 23

## EFICIENCIA ENERGETICA

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. ¿Qué es la eficiencia energética?

Cuando la disponibilidad de recursos naturales y energéticos es cada vez menor y a mayor coste, la necesidad de racionalizar esos recursos y aplicar estrategias de desarrollo sostenible, obliga a que en toda actividad se busque la eficiencia, entendida como conseguir más y mejores resultados con menos recursos, lo cual se expresa en menores costes de producción para producir lo mismo.



La **Eficiencia Energética** consiste en la reducción de consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort ni la calidad de vida, asegurando el abastecimiento, protegiendo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad, aunque normalmente nos referimos siempre a la energía eléctrica, por ser la más utilizada en la industria, la Eficiencia Energética puede aplicarse a todas las fuentes de energía utilizadas, como gasoil, gas, vapor, etc.

La Eficiencia Energética no consiste únicamente en poseer las últimas tecnologías, sino de saber emplear y administrar los recursos energéticos disponibles de un modo hábil y eficaz, lo que requiere desarrollar procesos de gestión de la energía.

## 1.2. Ventajas y usos de la Eficiencia Energética:

La Eficiencia Energética genera, entre otras, las siguientes ventajas o beneficios:

Menores costes de producción, al consumir menos energía por unidad producida.

Contribuir al cumplimiento de las exigencias ambientales.

Mejorar la competitividad global.



Mayor capacidad de generación disponible, lo cual permite la utilización del sistema eléctrico disponible para otros usos.

Menor desperdicio de energía y menor generación de contaminación.

Hoy en día para ser una empresa puntera, la eficiencia energética en la producción no es solo un valor en alza, sino también una obligación social y medioambiental.

### **1.3. ¿Cómo conseguir la Eficiencia Energética?**

Para evaluar el nivel de Eficiencia Energética actual, lo fundamental es establecer inicialmente indicadores que se puedan controlar y comparar, que dependerán de la actividad que se desea evaluar y darán una visión del estado actual, y del futuro según su evolución.

Todo esto se consigue con la realización de una Auditoría Energética. Las Auditorías Energéticas nacieron con el objetivo de que una empresa conociera de forma detallada cómo contrata la energía, cuánto consume, su repercusión en costes y detectara posibles mejoras para disminuir el coste energético.

A partir de la Auditoría Energética se proponen acciones para mejorar la Eficiencia Energética, entre las más importantes encontramos:

Cambio energético (sustitución de fuentes energéticas por otras, etc.)

Mejoras tecnológicas (iluminación más eficiente, motores de alta eficiencia, cambio de arrancadores por variadores, etc.)

Optimización de procesos industriales y automatización (rediseño de sistemas productivos, etc.)

Manejo de temperaturas (mejor control de las temperaturas, evitar pérdidas de frío y calor, etc.)

Climatización o uso de la luz solar

Mejora del factor de potencia

## **2. NORMATIVA**

### **2.1. EL ORIGEN**

La Certificación Energética de Edificios es una exigencia procedente de la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de

Diciembre de 2002 (os dejo el texto completo de la Directiva aquí: [Directiva2002](#)). Esta directiva pretende que los edificios cumplan unos requisitos mínimos de eficiencia energética dependiendo de las condiciones climáticas locales y se mejore dicha eficiencia utilizando fuentes de energía alternativas, materiales adecuados, diseño, tanto para edificios nuevos como para edificios existentes que se sometan a reformas o rehabilitaciones.

España adoptó parcialmente esta directiva en el Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, en el que se aprobó el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (os dejo el texto completo de este R.D. aquí: [RealDecreto2007](#)), que entró en vigor el 1 de Noviembre de 2007, y por el que se establecía que los edificios de nueva construcción debían contar con una “Etiqueta de Eficiencia Energética” que se incluiría en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del edificio, también establecía el procedimiento para la certificación (los criterios) y el programa informático de Referencia (documento reconocido), llamado CALENER. El usuario al final obtiene una etiqueta en la que se indica con una letra de la “A” a la “G” (de más a menos energéticamente eficiente) y una valoración del Consumo de Energía Anual y de las Emisiones de CO<sub>2</sub>. Con esta etiqueta resulta fácil comparar unos edificios con otros e incluir entre los criterios para la compra o arrendamiento del local, el de su eficiencia y consumo energético.

**Calificación de eficiencia energética de Edificios  
proyecto/edificio terminado**

Más

A

B

C

D

E

F

G

Menos

Edificio: \_\_\_\_\_

Localidad/Zona climática: \_\_\_\_\_

Uso del Edificio: \_\_\_\_\_

Consumo Energía Anual: \_\_\_\_\_ kWh/año  
(\_\_\_\_\_ kWh/m²)

Emisiones de CO<sub>2</sub> Anual: \_\_\_\_\_ kgCO<sub>2</sub>/año  
(\_\_\_\_\_ kgCO<sub>2</sub>/m²)

*El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son las obtenidas por el Programa \_\_\_\_\_, para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación*

*El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.*

## 2.2. SITUACIÓN ACTUAL

En 2012 se habló de que entraría en vigor el 1 de Enero de 2013, y que desde ese momento para cualquier arrendamiento o compraventa de viviendas o locales, estos deberían contar con su “etiqueta” de eficiencia energética. Como en Enero ni siquiera se había llevado el R.D. a Consejo de Ministros, la fecha se fue retrasando. La última de la que se ha hablado es que entraría en vigor el 1 de Abril, pero el R.D. sigue sin haber pasado por el Consejo de Ministros. Nos recuerdan que si no se aprueba y entra en vigor tendremos multas por parte de Europa, pero seguimos en el mismo punto que el año pasado.

El texto del R.D. lleva tiempo redactado (os dejo el texto completo aquí: [R.D.EdificiosExistentes](#)). También parece que el actual Ministro de Industria, José Manuel Soria, ha urgido, mediante una carta, al Consejo de Estado a que realice el informe necesario cuanto antes para tramitar toda la documentación y que entre en vigor.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES	
		CALEFACCIÓN	ACS
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]		Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año]

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda global de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Demanda global de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES	
		CALEFACCIÓN	ACS
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ·año]
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
Consumo global de energía primaria [kWh/m <sup>2</sup> ·año]		Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> ·año]	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> ·año]

## 2.3. OBJETIVOS

Como bien sabemos, esta normativa viene de una Directiva Europea (aquí os dejo el enlace donde explico el origen: [CEE](#)) y “establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética...” todo esto para que el comprador o arrendatario tenga suficiente información para poder comparar “energéticamente” los locales/viviendas/edificios que le pudieran interesar y tener otro dato importante en su elección. El objeto final es poner en valor aquellos edificios con mayor eficiencia energética y concienciar a la población de la importancia de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y ahorrar energía.

En el RD aparece también otro objetivo marcado por la Directiva 2010/31/UE: “a partir del 31 de diciembre de 2020, los edificios que se construyan sean de consumo de energía casi nulo [...] plazo que en el caso de los edificios públicos, se adelanta dos años”.

## 2.4. OBLIGACIÓN DE OBTENER Y EXHIBIR EL CERTIFICADO

Los edificios de titularidad pública deberán tener el certificado de eficiencia energética y además están obligados de exhibirlo con el siguiente calendario:

A partir del 1 de Junio de 2013 si sup. útil > 500 m<sup>2</sup>.

A partir del 9 de Julio de 2015 si sup. útil > 250 m<sup>2</sup>.

A partir del 31 de Diciembre de 2015 si sup. útil > 250 m<sup>2</sup>. y estén en régimen de arrendamiento.

Los edificios de titularidad privada frecuentados habitualmente por el público con sup. útil < 500 m<sup>2</sup>. a partir del 1 de Junio de 2013.

## 2.5. REGISTRO Y CONTROL

Las Comunidades Autónomas deberán habilitar un registro de certificaciones energéticas de edificios para su inspección y control. Además, *“pondrá a disposición del público registros actualizados periódicamente de técnicos competentes o de empresas que ofrezcan los servicios de expertos de este tipo y servirá de acceso a la información sobre los certificados a los ciudadanos”*.

## 2.6. EXENCIONES

Los siguientes edificios están exentos de obtener el Certificado de Eficiencia Energética (CEE):

- Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico.
- Edificios o partes de edificios utilizado exclusivamente como lugares de culto y para actividades religiosas.
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- Edificios industriales, de la defensa y agrícolas o parte de los mismos, en la parte destinada a talleres, procesos industriales, de la defensa o agrícolas no residenciales.
- Edificios o partes de edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.
- Edificios que se compren para reformas importantes o demolición.
- Edificios o partes de edificios existentes de viviendas, cuyo uso sea inferior a 4 meses al año, o bien durante un tiempo limitado al año y con un

consumo previsto de energía inferior al 25% de lo que resultaría de su utilización durante todo el año, siempre que así conste mediante declaración responsable del propietario de la vivienda.

Como opinión personal, me resultan sorprendentes los puntos 1, 2 y 7, intuyo un “no toquemos la Iglesia ni el sector del turismo” que no entiendo, pero bueno, esto es lo que la norma marca.

## **2.7. CERTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO**

El propietario o promotor es el responsable de encargar la realización del certificado y mantenerlo.

Las viviendas y locales integrados en un bloque podrán tener o bien certificado energético individual o se puede realizar una certificación única para todo el edificio.

En viviendas unifamiliares el CEE se podrá basar en la evaluación de otro edificio similar a él, si el técnico competente puede garantizar que son asimilables en diseño y consumo (orientado a urbanizaciones con viviendas unifamiliares similares).

El CEE debe presentarse por el promotor/propietario en el órgano competente de la Comunidad Autónoma para su registro. Además deberán estar a disposición de las autoridades competentes bien incorporados al libro del edificio si existe, o en poder del propietario o el presidente de la comunidad de propietarios.

Las exigencias relativas a la certificación energética de edificios establecidas en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, se transpusieron en el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, mediante el que se aprobó un Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Con posterioridad, la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, ha sido modificada mediante la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, circunstancia que ha obligado a transponer de nuevo al ordenamiento jurídico español las modificaciones que introduce con respecto a la Directiva modificada.

Si bien esta transposición podría realizarse mediante una nueva disposición que modificara el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, y que a la vez completara la transposición contemplando los edificios existentes, parece pertinente que se realice mediante una única disposición que refundiendo lo válido de la norma de 2007, la derogue y complete, incorporando las

novedades de la nueva directiva y amplíe su ámbito a todos los edificios, incluidos los existentes.

En consecuencia, mediante este real decreto se transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, refundiendo el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, con la incorporación del Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios existentes.

Este [Real Decreto 235/2013](#), de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, entró en vigor el día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado nº 89 (13/04/2013), siendo voluntaria su aplicación hasta el 1 de junio de 2013. A partir de ese momento, la presentación o puesta a disposición de los compradores o arrendatarios del certificado de eficiencia energética de la totalidad o parte de un edificio, según corresponda, será exigible para los contratos de compraventa o arrendamiento celebrados a partir de dicha fecha.

## 2.8. CONTENIDO DEL CERTIFICADO

El contenido mínimo que establece la norma es:

- Identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica, incluyendo **su referencia catastral**.
- Indicación del procedimiento reconocido al que se refiere el artículo 4 utilizado para obtener la calificación de eficiencia energética.
- Indicación de la normativa sobre ahorro y eficiencia energética de aplicación **en el momento de su construcción**.
- Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica, instalaciones térmicas y de iluminación, condiciones normales de funcionamiento y ocupación, condiciones de confort térmico, lumínico, calidad de aire interior y demás datos utilizados para obtener la calificación de eficiencia energética del edificio.
- Calificación de eficiencia energética del edificio expresada mediante la etiqueta energética.
- Para los edificios existentes, documento de **recomendaciones para la mejora** de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio o de una parte de este, a menos que no exista ningún potencial razonable para la mejora de esa índole en comparación con los requisitos de eficiencia energética vigentes. Las recomendaciones incluidas en el certificado de eficiencia energética abordarán:



–Las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio, y

–Las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio.

**Las recomendaciones deben ser técnicamente viables y deben incluir una estimación de los plazos de recuperación de la inversión o de la rentabilidad durante su ciclo de vida útil.**

- Descripción de las pruebas y comprobaciones llevadas a cabo, en su caso, por el técnico competente durante la fase de calificación energética.

- Cumplimiento de los requisitos medioambientales exigidos a las instalaciones térmicas.

## **2.9. EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN**

Deberán tener dos certificados: el certificado de eficiencia energética del proyecto y el del edificio terminado.

### **VALIDEZ**

**El CEE tendrá una validez máxima de 10 años.**

### **ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La etiqueta debe incluirse en toda oferta, promoción y publicidad dirigida a la venta o arrendamiento del un edificio o parte del mismo. Aquí os dejo cómo será el modelo de etiqueta energética, y el documento explicativo de la etiqueta aquí: [etiqueta energética](#).





Figura 1. Etiqueta de calificación energética

## 2.10. TÉCNICOS COMPETENTES

“Técnico que esté en posesión de cualquiera de las titulaciones académicas y profesionales habilitantes para la redacción de proyectos o dirección de obras y dirección de ejecución de obras de edificación o para la realización de proyectos de sus instalaciones térmicas, según lo establecido en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, o para la suscripción de certificados de eficiencia energética, o haya acreditado la cualificación profesional necesaria para suscribir certificados de eficiencia energética según lo que se establezca mediante orden prevista en la disposición adicional cuarta”.

Según la LOE, serían Arquitecto, Arquitecto Técnico, Ingeniero Industrial o Ingeniero Técnico Industrial (pero hay una puerta abierta a otros profesionales).

*“Técnico ayudante del proceso de certificación energética de edificios: técnico que esté en posesión de un título de formación profesional, entre cuyas competencias se encuentran la colaboración como ayudante del técnico competente en el proceso de certificación energética de edificios”.*

## 2.11. PROGRAMAS

Hasta ahora, los programas reconocidos para la realización de Certificaciones Energéticas son: LIDER, CALENER VYP, CALENER GT, CE3 y CE3X que se pueden descargar gratuitamente y en su última versión de la página del Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

## 2. CALCULOS

Para la realización de la eficiencia energética del edificio he utilizado el programa CE3X que se puede bajar en la página web de la Instituto de la diversificación y ahorro de la energía (IDEA).

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE:

- Local deportivo
- Edificio polideportivo
- Se caracteriza por una zona diáfana con las cuatro paredes con poca ventanas y con gran altura.
- Tiene instalación de energías renovables
- Tiene instalación de caldera con gas natural

### 3.2. PESTAÑA “DATOS ADMINISTRATIVOS”

En esta pestaña se introducirán todos los datos referentes a la localización e identificación del edificio, los datos del solicitante y los del certificador.

**Datos administrativos** | Datos generales | Envolverte térmica | Instalaciones

**Localización e identificación del edificio**

Nombre del edificio: Polideportivo Cizur (SFI)

Dirección: Carretera de Pamplona, 7

Provincia/Ciudad autónoma: Navarra | Localidad: Otro | Código Postal: 31190

Referencia Catastral: 685279 | Cizur Menor

**Datos del cliente**

Nombre o razón social: SFI Cizur Menor

Dirección: Carretera NA - 6000, km - 7

Provincia/Ciudad autónoma: Navarra | Localidad: Cizur Menor | Código Postal: 31190

Teléfono: X | E-mail: X

**Datos del técnico certificador**

Nombre y Apellidos: Ander Aramendia | NIF: 728050169-8

Razón social: PFC | CIF: 728050169-8

Dirección: Pedro I, Nº 4, 4º C

Provincia/Ciudad autónoma: Navarra | Localidad: Pamplona | Código Postal:

Teléfono: 626617539 | E-mail: ander-86@hotmail.com



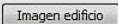
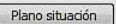
Titulación habilitante según normativa vigente: Graduado Ingeniería Mecánica (UPNA)

En este ejemplo debemos completar todos los datos administrativos, ya que, si dejamos alguno en blanco, al final de la certificación el programa no obtendrá la calificación.

### 3.2. PESTAÑA “DATOS GENERALES”

En esta pestaña se selecciona la normativa según el año de construcción, así como la tipología del mismo. La normativa corresponde con los siguientes años de construcción:

- NBE-CTE-79: edificios construidos entre 1981 y 2006
- CTE: edificios posteriores a 2006 (siempre que figure en proyecto que se ha aplicado el CTE)
- Anterior: será la opción a elegir si el año de construcción es anterior al 1981.

Datos administrativos	Datos generales	Envolvente térmica	Instalaciones
<b>Datos generales</b>			
Normativa vigente	NBE-CT-79	Año construcción	2003
Tipo de edificio	Edificio completo	Perfil de uso	Intensidad Baja - 8h
Provincia/Ciudad autónoma	Navarra	Localidad	Otro Cizur Menor
		Zona climática	HE-1 D1 HE-4 / HE-5 I
<b>Definición edificio</b>			
Superficie útil habitable	1280	m2	 
Altura libre de planta	8	m	
Número de plantas habitables	1		
Consumo total diario de ACS	1100	l/día	
Masa de las particiones	Media		
<input type="checkbox"/> Se ha ensayado la estanqueidad del edificio			
			

### 3.3 CREACIÓN DE UN PATRÓN DE SOMBRAS

En nuestro caso las sombras sobre el edificio las desecho.

### 3.4 PESTAÑA “ENVOLVENTE TÉRMICA”

En este apartado, se introducirán datos relativos a las cubiertas, fachadas, suelos y ventanas, así como de los puentes térmicos.

#### 3.4.1 CUBIERTAS

La cubierta del polideportivo está construida de un techo exterior, panel nervado y un panel translucido. Introduzco los datos en el programa.

Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones

**Edificio Objeto**

- Cubierta con aire
- PT Encuentro de fachada con cubierta
- Muro de fachada Sur
- Muro de fachada Norte
- Muro de fachada Oeste
- Muro de fachada Este
- Suelo con terreno

**Envoltente térmica del edificio**

☒ Cubierta
 ☐ Enterrada
 ☐ En contacto con el aire

☐ Muro
 ☐ Suelo
 ☐ Partición interior
 ☐ Hueco/Lucernario
 ☐ Puente térmico

**Cubierta en contacto con el aire**

Nombre:  Zona:

Dimensiones

Superficie:  m<sup>2</sup>

Longitud:  m

Anchura:  m

Características

Patrón de sombras:

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas:  Transmitancia térmica:  W/m<sup>2</sup>K

Clase de cubierta:

### 3.4.2 MURO

Tendremos un tipo de muro en este proyecto, Fábrica de bloque hueco hormigón, Aislante de fibra de vidrio Tipo IV, Cámara de aire vertical, Fábrica de ladrillo hueco. Las ventanas son de vidrio interior: SGG PLANILUX, vidrio exterior: SGG PLANITHERMS y Espesor: 4+12+4 mm respectivamente.

Datos administrativos | Datos generales | **Envoltente térmica** | Instalaciones

**Edificio Objeto**

- Cubierta con aire
- Muro de fachada Sur
  - Hueco MF Sur 1
  - Hueco MF Sur 2
  - PT Pilar integrado en fachada
  - PT Pilar en Esquina-Muro de fachada
  - PT Encuentro de fachada con cubierta
  - PT Contorno de hueco-Hueco
  - PT Caja de Persiana-Hueco
  - PT Contorno de hueco-Hueco
  - PT Caja de Persiana-Hueco
- Muro de fachada Norte
- Muro de fachada Oeste
- Muro de fachada Este
- Suelo con terreno

**Envoltente térmica del edificio**

☐ Cubierta
 ☐ Muro
 ☐ Suelo
 ☐ Partición interior
 ☒ Hueco/Lucernario
 ☐ Puente térmico

**Hueco/Lucernario**

Nombre:  Orientación:

Cerramiento asociado:

Dimensiones

Longitud:  m

Altura:  m

Multiplicador:

Superficie:  m<sup>2</sup>

Porcentaje de marco:  %

Características

Permeabilidad del hueco:  100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>

Absortividad del marco:  0.75

☒ Dispositivo de protección solar

Patrón de sombras:

☒ Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas:

Tipo de vidrio:

Tipo de marco:

U vidrio:  W/m<sup>2</sup>K

g vidrio:

U marco:  W/m<sup>2</sup>K

### 3.4.3 SUELO

En este caso, al tratarse de una planta baja, está en contacto con el terreno. Las propiedades térmicas se especifican por defecto ya que no se ha posibilitado la toma de catas.

**Envolvente térmica del edificio**

☐ Cubierta  
☐ Muro  
☒ Suelo ☒ En contacto con el terreno ☐ En contacto con el aire exterior  
☐ Partición interior  
☐ Hueco/Lucernario  
☐ Puente térmico

**Suelo en contacto con el terreno**

Nombre:  Zona:

**Dimensiones**

Superficie:  m<sup>2</sup>  
 Longitud:  m  
 Anchura:  m

**Características**


Profundidad: ☐ Menor o igual que 0.5 m ☒ Mayor que 0.5 m  m

**Propiedades térmicas**  Transmitancia térmica:  W/m<sup>2</sup>K

### 3.4.6 PUENTES TÉRMICOS

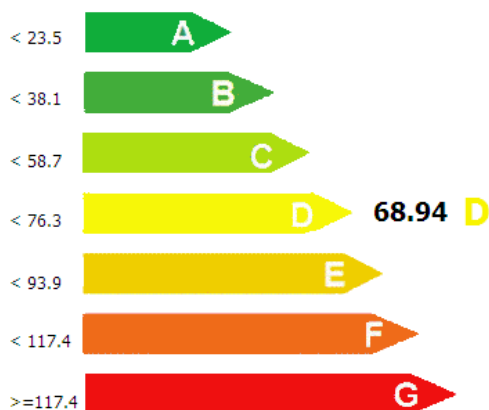
Este programa permite definir los parámetros por defecto, ya que previamente se han introducido todos los elementos de la envolvente. Por ello, una vez cargados, lo que debemos hacer es comprobar que realmente existen en nuestro edificio y comprobar los valores y dimensiones que ha dado a cada uno de ellos.

### 3.5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Accedemos a obtener la calificación al entrar en el icono , la calificación la genera el programa automáticamente.

#### Calificación energética de edificios

Indicador kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>



#### Edificio objeto

<b>Demanda de calefacción</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	173.53	E
<b>Demanda de refrigeración</b> (kWh/m <sup>2</sup> )	4.11	G
<b>Emisiones de calefacción</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	66.41	E
<b>Emisiones de refrigeración</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	1.57	G
<b>Emisiones de ACS</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	0.97	A
<b>Emisiones de iluminación</b> (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	0.0	A

### 3.6. MEDIDAS DE MEJORA

Cuando el nivel de la calificación no alcance el nivel A en la escala energética se deben aportar por parte del técnico soluciones de mejora, y estas deberán disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Si el nivel obtenido es G, F, E o D; habrá que **proponer mejoras hasta alcanzar dos niveles más.**

- Si el nivel obtenido es **C o B**; solamente es necesario alcanzar **un nivel superior al obtenido**.



Mediante el icono , accedemos a las medidas de mejora.

Datos administrativos | Datos generales | Envoltente térmica | Instalaciones | Calificación Energética | Medidas de mejora

**Conjuntos de medidas definidos**

**Conjunto de medidas de mejora**

Nombre conjunto medidas mejora

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	145.7 D	145.7 D	0.0 %
Demanda de refrigeración	2.5 D	2.5 D	0.0 %
Emissiones de calefacción	0.0 A	55.8 D	100.0 %
Emissiones de refrigeración	0.9 D	0.9 D	0.0 %
Emissiones de ACS	1.0 A	1.0 A	0.0 %
Emissiones de iluminación	0.0 A	0.0 A	0 %
EMISIONES GLOBALES	1.9 A	57.7 C	96.7 %


Gráfico de barras de calificación energética:

- A: 1.9 (Verde)
- B: (Verde)
- C: (Verde)
- D: (Amarillo)
- E: (Amarillo)
- F: (Naranja)
- G: (Rojo)

Con la colocación de una caldera de biomasa se alcanza el objetivo. Pasar de una calificación D a una A.

### 3.7. GENERAR EL INFORME DEL PROYECTO.



Con el icono , accedemos a la generación del informe del proyecto certificado. Se seleccionarán la medida o las medidas de mejora que una vez realizado el análisis económico el técnico considere. Se deberá especificar las pruebas realizadas y la documentación que se va a aportar.



## CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES

### IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Polideportivo Cizur (SFI)		
Dirección	Carretera de Pamplona, 7 Cizur Menor (Navarra)		
Municipio	Cizur Menor	Código Postal	31190
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
Zona climática	D1	Año construcción	2003
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	685279		

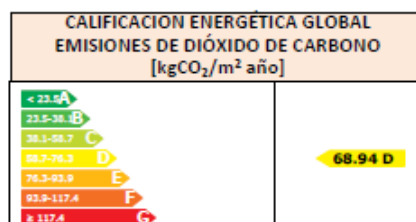
### Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Vivienda <input type="radio"/> Unifamiliar <input type="radio"/> Bloque <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual	<input checked="" type="radio"/> Terciario <input checked="" type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local
---	---

### DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Ander Aramendia	NIF	728050169-B
Razón social	PFC	CIF	728050169-B
Domicilio	Pedro I, Nº 4, 4º C		
Municipio	Pamplona	Código Postal	
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
e-mail	ander-86@hotmail.com		
Titulación habilitante según normativa vigente	Graduado Ingeniería Mecánica (UPNA)		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEX v1.0		

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico certificador abajo firmante certifica que ha realizado la calificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 3/2/2015

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.



Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

## ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m <sup>2</sup> ]	1280
Imagen del edificio	Plano de situación
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Cubierta con aire	Cubierta	1280.0	0.90	Por defecto
Muro de fachada Sur	Fachada	320.0	1.40	Por defecto
Muro de fachada Norte	Fachada	320.0	1.40	Por defecto
Muro de fachada Oeste	Fachada	256.0	1.40	Por defecto
Muro de fachada Este	Fachada	256.0	1.40	Por defecto
Suelo con terreno	Suelo	1280.0	1.00	Por defecto

#### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco MF Sur 1	Hueco	7.36	2.07	0.61	Estimado	Estimado
Hueco MF Sur 2	Hueco	4.0	2.07	0.61	Estimado	Estimado

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D1	Uso	Intensidad Baja - 8h
----------------	----	-----	----------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES	
<div><div>&lt; 23.5A</div><div>23.5-38.1B</div><div>38.1-58.7C</div><div>58.7-76.3D</div><div>76.3-93.9E</div><div>93.9-117.4F</div><div>≥ 117.4G</div></div> <div>68.94 D</div>		CALEFACCIÓN	ACS
		E	A
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]
		66.41	0.97
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
		G	A
		Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]
68.94	1.57	0.0	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

### 2. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
Demanda global de calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	Demanda global de refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]
173.53	4.11

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

Por energía primaria se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes renovables y no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 104.4</div><div>104.4-169.6</div><div>169.6-261.0</div><div>261.0-339.3</div><div>339.3-417.6</div><div>417.6-522.0</div><div>&gt; 522.0</div></div> <div>260.99 D</div>		CALEFACCIÓN		ACS			
		1.28	D	0.15	A		
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]			
		249.89		4.79			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		1.83	F	0.0	A		
		Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]			
Consumo global de energía primaria [kWh/m <sup>2</sup> año]		260.99		6.31		0.0	

## ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

#### COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

Inspección Envolvente Térmica - Cubierta - Muros fachada - Suelos - Particiones - Huecos - Puentes Térmicos  
 Instalaciones: - Equipo ACS - Caldera 600 kW - Acumulación - Contribuciones energéticas - Instalación Fototérmica  
 Inspección Patrón de Sombras.

### 3.8. GENERAR LA ETIQUETA ENERGÉTICA

En la web efinova, si os registráis gratuitamente obtendréis además de complementos para las versiones de CE3X, la posibilidad de la **generación de la etiqueta energética online**. Se rellenan todos los datos a partir del informe que genera el programa previamente y en unos minutos se envía al correo electrónico la etiqueta realizada.

**Generación de la etiqueta energética de su inmueble**

Para generar la etiqueta es necesario que **rellene correctamente** los siguientes datos que figuran en el informe de certificación. Una vez, usted haya rellenado estos datos, deberá pulsar ENVIAR. Con los datos que nos ha enviado el servidor generará un fichero PDF con la etiqueta energética y **se la enviará por email** a la siguiente dirección: iborrapaula@hotmail.com

Tipo de certificado	Terminado
El estado actual del edificio, ¿corresponde a su construcción o a su rehabilitación?	Construcción
Normativa Vigente	Anterior a la NBE-CT 79
Año de construcción o rehabilitación	1948
Referencia Catastral	2019223YJ2521N0001GX
Tipo de Edificio	Edificio Terciano
Dirección Postal	C/Vicente Mari, 4 pb
Municipio	BENIFAJO
Código Postal	46450
Comunidad Autónoma	Comunidad Valenciana
Registro	IDAE
Válido hasta	12/05/2023
Contenido del código QR	http://www.efinova.es
Letra calificación en energía primaria	C
Consumo de energía primaria	124.17
Letra calificación en emisiones de CO2	C
Emisiones de CO2	32.07
<b>ENVIAR</b>	



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

ANEXO 2: FICHAS TECNICAS

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## ÍNDICE

1. PLACAS SOLARES .....	2
2. SOPORTES DE LAS PLACAS .....	3
3. INTERCAMBIADORES .....	4
4. BOMBAS DE CIRCULACIÓN: .....	7
5. VASO DE EXPANSION .....	9
6. DEPOSITO ACUMULADOR .....	10
7. CALDERA .....	12
8. ANTICONGELANTE .....	13
9. FANCOIL.....	14
10.AEROTERMO .....	16

## 1. PLACAS SOLARES



**CHROMAGEN**  
sistemas de energía solar

**captador solar  
selectivo  
alta eficiencia**



**garantía  
6 años**

Curva de rendimiento instantáneo del captador Chromagen CR-12S8 en función de Tm. ENEC bajo norma EN-12975



$\eta$  (%)

$(T_m - T_a)/G$

**CR-12 S8**




Dimensiones y Pesos		Calidades de fabricación			
Largo Total	2.200 mm	Cubierta Transparente	Vidrio Templado de 3,20 mm de espesor Coeficiente de transmisividad ( $\tau=0,91$ )		
Ancho Total	1.285 mm	Carcasa	Aluminio Anodizado AL6063-T5 ( $E=1,5$ mm)		
Fondo	90 mm	Absorbedor	Aletas de Cu ( $E=0,5$ mm) soldadas por ultrasonido a parrilla de cobre.		
Área Total	2,75 m <sup>2</sup>	Tratamiento Selectivo	Proyección por electrodeposición de Cromo Negro sobre base de Níquel Claro		
Área de Apertura	2,58 m <sup>2</sup>	Relación en parrilla	Col. 1º $\phi=22$ mm / Col. 2º $\phi=8$ mm		
Área del Absorbedor	2,46 m <sup>2</sup>	Aislamiento Térmico	PRI 25mm + lám. Al + 25mm L. Mineral		
Peso en vacío	43,00 kg	Acabado Posterior y sellado	Propileno moldeado y burlete de EPDM		
Capacidad del fluido	1,70 l	Conexiones (4 uds.)	B.S.P. hembra 3/4"		
Fluido caloportador	agua ó agua glicolada	<b>Curva de rendimiento instantáneo y registro</b>			
Tª de estancamiento	197 °C				
Flexión máxima del captador	1.000 Pa				
<b>Presiones de prueba y caudal recomendado</b>					
Presión de timbre	12,00 bar	Rendimiento óptico EN-12975 ( $\Delta T = T_m - T_a$ (K))	$\eta_0 = 80,80 \%$		
Presión máxima de trabajo	8,00 bar		$k_1 = 3,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$		
Caudal recomendado	45,00 l/h·m <sup>2</sup>		$k_2 = 0,010 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$		
Caída de presión (mm.c.a.)	$2,24 \cdot q^2 + 3,72 \cdot q$ (l/min)	Contraseña de certificación	NPS - 15707		


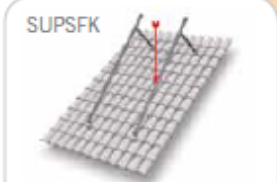




## 2. SOPORTES DE LAS PLACAS




### SOPORTES COLECTORES PLANOS ACCESORIOS



#### ACCESORIOS PARA SOPORTES CUBIERTA INCLINADA

	Código	Descripción	PVP €
	HEATSITF	Salvatejas inoxidable con tornillos <i>Necesarias 4 unidades para un colector</i>	XX,XX
	HEATSUPSK21	Suplemento 1 pata para 15-25° SK21/SSK21-4	XX,XX
	HEATSUPSK27	Suplemento 1 pata para 15-25° SK27	XX,XX
	HEATSUPSUK27L	Suplemento 1 pata para 15-25° SUK27L	XX,XX

#### ACCESORIOS SUJECCIÓN SOPORTES

	Código	Descripción	PVP €
	HEATAEHM10150	Anclaje expandible hormigón M10 x 150	XX,XX
	HEATATAM10200	Anclaje teja árabe M10 x 200	XX,XX
	HEAT SUPATA	Anclaje teja árabe M10 X 200+SUPLEMENTO PLETINA	XX,XX



### 3. INTERCAMBIADORES



## M6

### Intercambiador de calor de placas

#### Aplicaciones

Servicios generales de calefacción y refrigeración.  
Calentamiento por vapor.

#### Diseño estándar

El intercambiador de calor de placas consta de un conjunto de placas metálicas corrugadas, con orificios para permitir el paso de los dos fluidos entre los que se realiza la transferencia de calor.

El conjunto de placas está montado entre una placa bastidor fija y otra de presión desmontable, y se mantiene apretado mediante pernos. Las placas incorporan juntas que sellan la periferia y dirigen los fluidos por canales alternos. El número de placas depende del caudal, propiedades físicas de los fluidos, pérdida de carga máxima permitida y programa de temperaturas. La corrugación de las placas favorece la turbulencia del fluido y contribuye a que las placas resistan la presión diferencial.

Las placas de intercambio térmico y placa de presión están suspendidas en una barra guía superior y se apoyan en una barra guía inferior. Ambas barras están fijadas a una columna de soporte.

Las conexiones están siempre situadas en la placa fija del bastidor a menos que uno o ambos fluidos requieran más de un paso, en cuyo caso también se sitúan en la placa de presión móvil.

#### Capacidades típicas

##### Caudal de líquido

Hasta 16 kg/s, dependiendo del fluido, de la pérdida de carga permitida y del programa de temperaturas.

##### Calentamiento de agua con vapor

300 a 800 kW

##### Tipos de placa

M6, M6M y M6MD

##### Tipos de bastidor

FM, FG, FD y FML



M6-FG

### Principio de funcionamiento

Entre las placas del intercambiador de calor se forman canales y los orificios de las esquinas están dispuestos de manera que los dos líquidos circulen por canales alternos. El calor se transfiere por la placa entre los canales. Para incrementar la eficiencia al máximo se crea un flujo en contracorriente. La corrugación de las placas provoca un flujo en torbellino que aumenta la eficiencia de intercambio térmico y las protege contra la presión diferencial.

### Materiales estándar

#### Placa bastidor

Acero al carbono pintado epoxi

#### Boquillas

Brida:

Acero al carbono

Revestimiento: acero inoxidable, goma, titanio

Tubo:

Acero inoxidable, acero al carbono

#### Placas

Acero inoxidable AISI 316 / AISI 304

Titanio (sólo M6M)

#### Juntas

M6 Nitro, EPDM, HeatSeal F™

M6M Nitro, EPDM, HeatSeal F™, HNBR, Viton®G

### Conexiones

#### Conexiones de los tubos:

Rosca ISO-G2 (no en bastidor tipo  
 -FD) Recta para soldar (no  
 en bastidor tipo -FD)

#### Con bridas:

FM DN60 DIN 2501 PN10 o ANSI 150

FG DN60 DIN 2501 PN16 o ANSI 150

FD DN60 DIN 2501 PN25 o ANSI 150/ANSI 300

### Características técnicas

#### Presión de diseño (g) / temperatura

FML 1,0 MPa / 130°C

FM 1,0 MPa / 160°C

FG 1,6 MPa / 180°C \*)

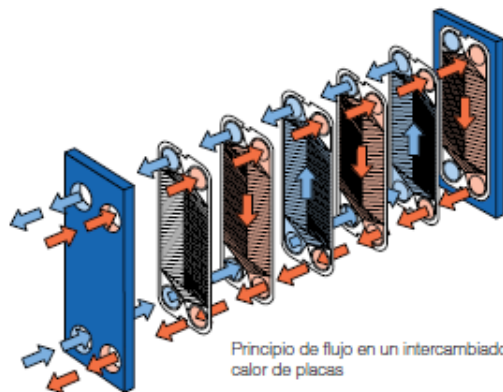
FD 2,5 MPa / 160°C

FD ASME 300 psig / 320°F

\*) El bastidor FG está también aprobado para 1,2 MPa / 200°C a fin de permitir su uso en sistemas de vapor sin válvulas de seguridad.

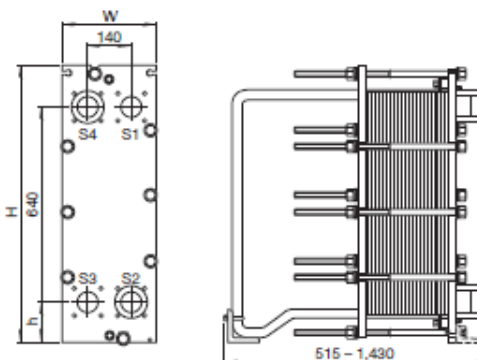
#### Máxima superficie de intercambio

38 m² (410 sq. ft)



Principio de flujo en un intercambiador de calor de placas

### Dimensiones



### Medidas (mm)

Tipo	H	W	h
M6-FML/FGL	920	320	140
M6-FM	920	320	140
M6-FG	920	320	140
M6-FD	940	330	150

El número de pernos puede variar dependiendo de la presión de diseño.

### Información necesaria para ofertar

- Caudales o potencia
- Programa de temperaturas
- Propiedades físicas de los líquidos en cuestión (si no son agua)
- Presión de trabajo deseada
- Pérdida de carga máxima permitida
- Presión de vapor disponible

• M6M FM

REDUCCION DE CAUDAL EN PRIMARIO Y SECUNDARIO

23 PL L	POTENCIA INTERCAMBIADA [Kw]	PERDIDA POTENCIA	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out
100%	500	0%	80	60	22,2	22,93	14660	12850	11110	35	55	21,7	23,62	10330	8709	7186
75%	403,6	19%	80	58,4	16,6	13,26	10970	9527	8138	35	56,5	16,3	13,7	7923	6615	5394
50%	291,5	42%	80	56,7	11,1	6,19	7338	6297	5297	35	58,4	10,8	6,27	5411	4461	3574
25%	162,7	67%	80	53,7	5,5	1,64	3636	3054	2503	35	61,2	5,4	1,68	2821	2283	1787

REDUCCION EN PRIMARIO

19 PL L	POTENCIA INTERCAMBIADA [Kw]	PERDIDA POTENCIA	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out
100%	500	0%	80	60	22,2	22,93	14660	12850	11110	35	55	21,7	23,62	10330	8709	7186
75%	444,8	11%	80	56,2	16,6	13,25	10970	9287	7862	35	52,8	21,7	23,64	9937	8433	7181
50%	359,5	28%	80	51,3	11,1	6,228	7338	5863	4849	35	49,4	21,7	23,72	9383	8083	7181
25%	223,9	55%	80	43,9	5,5	1,66	3636	2589	2112	35	44	21,7	23,83	8528	7618	7181

REDUCCION EN SECUNDARIO

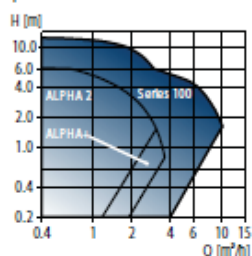
19 PL L	POTENCIA INTERCAMBIADA [Kw]	PERDIDA POTENCIA	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out	Tª ENTRADA [°C]	Tª SALIDA [°C]	Q [m3/h]	AP [Kpa]	Re in	Re mid	Re out
100%	500	0%	80	60	22,2	22,93	14660	12850	11110	35	55	21,7	23,62	10330	8709	7186
75%	449,7	10%	80	62	22,2	22,95	14680	13160	11500	35	59	16,3	13,67	8232	6850	5394
50%	366,5	27%	80	65,4	22,2	22,9	14680	13570	12070	35	64,5	10,8	6,23	5923	4895	3574
25%	232,4	54%	80	72,4	22,2	22,84	14680	14140	13010	35	72,4	5,4	1,66	3306	2795	1787

## 4. BOMBAS DE CIRCULACIÓN:



### GRUNDFOS ALPHA Pro, GRUNDFOS ALPHA+, UPS, UP Serie 100

Bombas circuladoras, del tipo de rotor encapsulado



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 10 m³/h  
 Altura, H: máx. 12 m  
 Temp. líquido: -25°C a +110°C  
 Presión sistema: máx. 10 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente o fría en

- Sistemas de calefacción
- Sistemas de agua caliente sanitaria
- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### Características y ventajas

- Bajo consumo  
Clasificación energética clase A a C
- Libre de mantenimiento
- Silenciosa
- Amplia gama.

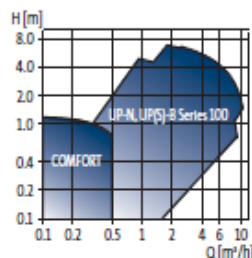
#### Opcional

- Ajuste automático del funcionamiento
- Pantalla de consumo instantáneo
- Ajuste automático de funcionamiento nocturno
- Instalación fácil, enchufe externo para conexión eléctrica
- Ajuste para funcionar con 1, 2 ó 3 velocidades
- Versiones dobles.



### GRUNDFOS COMFORT UP-N, UP(S)-B Serie 100

Bombas circuladoras, del tipo de rotor encapsulado



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 10,5 m³/h  
 Altura, H: máx. 7 m  
 Temp. líquido: -25°C a +110°C  
 Presión sistema: máx. 10 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente o fría en

- Recirculación de agua caliente sanitaria
- Sistemas de calefacción
- Sistemas de agua caliente sanitaria
- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### Características y ventajas

- Libre de mantenimiento
- Silenciosa
- Bajo consumo
- Amplia gama
- Cuerpo de bomba en acero inoxidable, latón o bronce, resistente a la corrosión (según tipo de bomba).

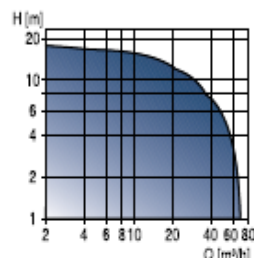
#### Opcional

- Temporizador de 24 horas
- Termostato ajustable.



### UPS Serie 200

Bombas circuladoras, del tipo de rotor encapsulado



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 70 m³/h  
 Altura, H: máx. 18 m  
 Temp. líquido: -10°C a +120°C  
 Presión sistema: máx. 10 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente o fría en

- Sistemas de calefacción
- Sistemas de agua caliente sanitaria
- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### Características y ventajas

- Libre de mantenimiento
- Interruptor térmico integrado
- Silenciosa
- Bajo consumo  
Clasificación energética hasta clase B
- Monofásica con módulo de protección incorporado
- Amplia gama.

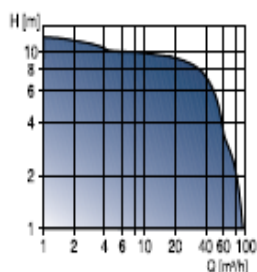
#### Opcional

- Módulo de protección
- Módulo relé con señal de fallo o potencia de funcionamiento
- Carcasa de la bomba en bronce
- Versiones dobles.



### GRUNDFOS MAGNA, Serie 2000

Bombas circulatoras, del tipo de rotor encapsulado, controladas electrónicamente



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 90 m³/h  
 Altura, H: máx. 12 m  
 Temp. líquido: +15°C a +110°C  
 Presión sistema: máx. 10 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente en  
 • Sistemas de calefacción para bloques de viviendas, colegios, hospitales, hoteles, industria, etc.

#### Características y ventajas

- Silenciosa
- Bajo consumo  
Clasificación energética: Clase A
- Amplia gama
- Ajuste automático del funcionamiento
- Instalación sencilla, sin necesidad de equipos o ajustes adicionales
- Selección segura.

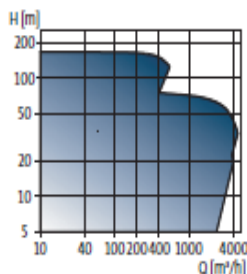
#### Opcional

- Cuerpo de bomba de acero inoxidable
- Versiones dobles
- Control remoto inalámbrico, R100
- Comunicación GENIbus o LON.



### TP

Bombas circulatoras, del tipo de acoplamiento corto



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 4800 m³/h  
 Altura, H: máx. 170 m  
 Temp. líquido: -25°C a +150°C  
 Presión sistema: máx. 25 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente o fría en  
 • Sistemas de calefacción  
 • Plantas de calefacción de distritos  
 • Plantas de calefacción local  
 • Sistemas de agua caliente sanitaria  
 • Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### Características y ventajas

- Diseño compacto
- Amplia gama
- Motor estándar
- Mantenimiento fácil
- Varios tipos de cierre dependiendo del líquido, temperatura y presión.

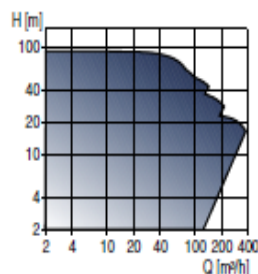
#### Opcional

- Carcasa de la bomba en bronce
- Versiones dobles.



### TPE Serie 2000

Bombas centrífugas monocelulares, controladas electrónicamente



#### Datos técnicos

Caudal, Q: máx. 370 m³/h  
 Altura, H: máx. 90 m  
 Temp. líquido: -25°C a +140°C  
 Presión sistema: máx. 16 bar

#### Aplicaciones

Circulación de agua caliente o fría en  
 • Sistemas de calefacción  
 • Sistemas de agua caliente sanitaria  
 • Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

#### Características y ventajas

- Bajo consumo
- Adaptable a las condiciones de funcionamiento existentes
- Instalación sencilla

#### Opcional

- Funcionamiento en paralelo
- Control remoto inalámbrico, R100
- Comunicación mediante GENIbus o LON
- Versiones dobles.

## 5. VASO DE EXPANSION



### SERIE AMR

#### Acumuladores hidroneumáticos para grupos de presión

- Membrana recambiable, apta para agua potable
- Conexión roscada de agua en acero zincado
- Temperatura: -10° C +100° C
- Precarga: 1,5 bar
- Recubrimiento externo de pintura epoxi roja

#### Modelos sin patas 8 - 10 - 16 bar

Peso Kg.	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
2	01005013	5 AMR	5	10	200	245	3/4"
2	01005014	5 AMR	5	10	200	245	1"
2,5	01008021	8 AMR	8	10	200	350	1"
4	01015021	15 AMR	15	10	270	320	1"
4,5	01020021	20 AMR	20	10	270	425	1"
9	01035021	35 AMR	35	10	360	485	1"
10	01050021	50 AMR	50	10	360	620	1"
13	01050251	50 AMR	50	16	360	620	1"
4,5	01025051	24 AMR-E	24	8	350	390	3/4"
4,5	01025061	24 AMR-E	24	8	350	390	1"



Peso Kg.	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
10	01035241	35 AMR-P	35	10	360	615	1"
12	01050241	50 AMR-P	50	10	360	750	1"
16	03080241	80 AMR-P	80	10	450	750	1"
18	03100031	100 AMR-P	100	10	450	850	1"
18	03100041	100 AMR-P-A	100	10	450	875	1 1/4"
25	03150801	150 AMR-B90 (M/F)	150	10	485	1060	1 1/4"
42	03200801	200 AMR-B90 (M/F)	200	10	550	1135	1 1/4"
55	03300801	300 AMR-B160 (M/F)	300	10	650	1180	1 1/4"
71	03500801	500 AMR-B160 (M/F)	500	10	750	1450	1 1/2"
78	03700501	700 AMR-B160 (M/F)	700	8	750	1750	1 1/2"





## 6. DEPOSITO ACUMULADOR

# SOLARIS VS3000

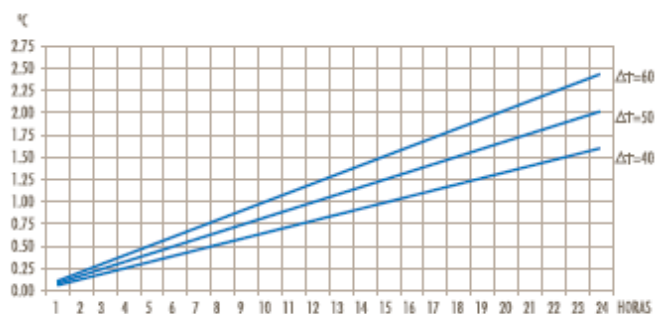


### ACUMULADOR SOLAR CON ÁNODO DE MAGNESIO.

El acumulador en su interior tiene un tratamiento de resina termo-endurecida SMALVER, completo con protección catódica.

Aislamiento de espuma de poliuretano sin CFC.

Acabado exterior de vinilo azul RAL 5015.

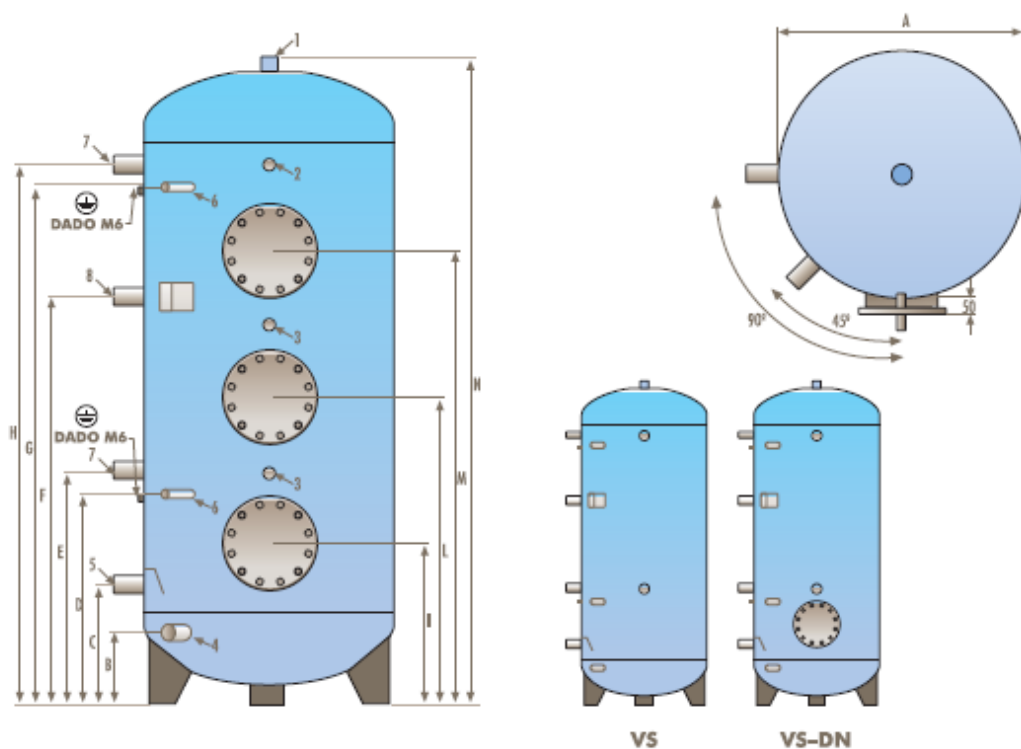


Pérdida de Temperatura (teórica) del aislamiento flexible 100 mm.

Cálculo realizado considerando la diferencia de temperatura media entre el depósito y la temperatura exterior.  $\Delta t$  (20°C)

ACUMULADOR SOLARIS VS DN		3000 LITROS
Capacidad	l.	2959
Aislamiento PU Flexible ó Rígido	mm.	100
Altura total con aislamiento	mm.	2700
Altura total en diagonal	mm.	2780
Acumulador con aislamiento 100 mm. flexible Ø	mm.	1450
Nº de bridas	-	3
Boca de hombre Ø	mm.	480/400
Peso en vacío	kg.	535
Presión máxima de servicio del circuito de ACS	bar	6
Presión máxima de servicio del intercambiador	bar	6
Temperatura máxima de utilización	°C	90*

# SOLARIS VS3000





<b>VS3000</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
mm.	1250	190	475	795	865	1455	2195	2265	595	1165	1860	2700

Nº	Tipo de conexión	VS 3000 Litros
1	Salida ACS	2"
2	Termómetro	1/2"
3	Sonda	1/2"
4	Salida/Evacuación	1"1/4
5	Entrada agua fría	2"
6	Ánodo eléctrico	1/2"
7	Ánodo	1"1/4
8	Resistencia eléctrica	1"1/2"



## 7. CALDERA





Partner for progress

Numero / Number : 11900

Emesso / Issued : 29/01/2008

Sostituisce / Replaces : --

Scope / Scope : Directive 90/396/CEE

Rapporto / Report : 300842

Pag. 2 di 2

**corpi caldaia, tipo**  
*boiler bodies, type*

Marchio / Trade mark: **FERROLI**

Modelli / models:

Prextherm RSH 450	NG3 450
Prextherm RSH 500	NG3 500
Prextherm RSH 600	NG3 600
Prextherm RSH 700	NG3 700
Prextherm RSH 800	NG3 800
Prextherm RSH 900	NG3 900
Prextherm RSH 1100	NG3 1100
Prextherm RSH 1300	NG3 1300
Prextherm RSH 1600	NG3 1600
Prextherm RSH 2000	NG3 2000
Prextherm RSH 2600	NG3 2600

costruiti da /  
*made by* **FERROLI S.p.A.**

di / in San Bonifacio (VR), Italia

NIP/ PIN : 0694BQ0842

Rapporto / report : 300842

Tipi di apparecchi / appliance type : B<sub>23</sub>

I suddetti prodotti sono stati approvati per  
*Mentioned products have been approved for*

AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,  
 IE, IS, IT, LT, LU, LV, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR


Le categorie dipendono dai bruciatori ad aria soffiata utilizzati.  
*Appliance categories depend on the used forced draught burner.*

**Kiwa Italia S.p.A.**  
 Sede Legale:  
 Via G. Carducci, 8  
 20121 Milano  
 Sede Amministrativa e operativa:  
 Via Treviso, 32/34  
 31020 San Vendemiano (TV)

**GASTEC**

**Notified Body**

**0694**



## 8. ANTICONGELANTE



### Anticongelante Chromagen

Anticongelante-refrigerante a base de propilenglicol específico para instalaciones de energía solar térmica donde se requiere un producto no tóxico.

Contiene aditivos anticorrosivos y estabilizantes. Su volatilidad es muy baja y es miscible con el agua en todas sus proporciones.

La aditivación mixta orgánica-inorgánica aplicada a este producto conserva el circuito en perfectas condiciones de funcionamiento durante largos periodos de tiempo. Protege especialmente aleaciones de cobre, latón, hierro y acero.



#### Características del producto concentrado:

<b>Apariencia</b>	Líquido naranja transparente
<b>Punto de ebullición</b>	aprox. 150°C
<b>Punto de congelación</b>	< -50°C
<b>Densidad (20°C)</b>	1,05g/ml
<b>Viscosidad (20°C)</b>	22 mPas
<b>pH producto concentrado</b>	7 - 9
<b>Coefficiente de expansión térmica</b>	0,00059 1/K
<b>Reserva alcalina</b>	min. 10 ml HCl 0,1N

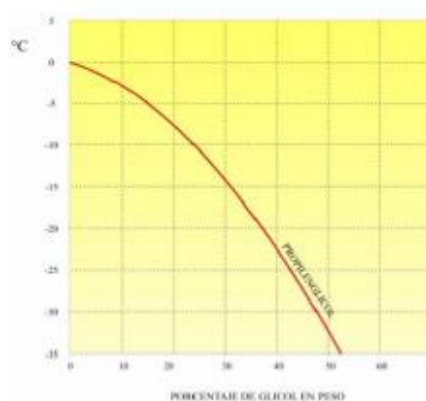
#### Propiedades

- Previene daños en el circuito por congelación.
- Eleva el punto de ebullición reduciendo los problemas de sobrecalentamiento.
- Previene la corrosión.
- Evita los depósitos en el circuito de refrigeración.
- Es biodegradable.
- No tóxico.

#### Proporciones

Envase 25L	Anticongelante	Agua	T(°C)
	2,5	7,5	-10
	3,3	6,7	-15
	4	6	-20
	4,5	5,5	-25
	5	5	-30

Envase 2L	Anticongelante	Agua	T(°C)
	2	18	-3
	4	16	-6
	6	14	-11
	8	12	-18
	10	10	-27



## 9. FANCOIL

# FCL



Aermec  
 participa en el Programa  
 EUROVENT LCPA/RP.  
 Los productos aludidos se encuentran  
 en el sitio  
[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)

**Variable Multi Flow\***

**VMF**

GLL10 - GLL10M - GLL10R - GLL10N  
 Color blanco: RAL 9010



Mando a distancia de serie  
 para GLL10M  
 GLL10R - GLL20R

Modelos:  
 FCL32, FCL36, FCL42, FCL62, FCL72  
 FCL34, FCL38, FCL44, FCL64



GLL20 - GLL20R - GLL20N  
 Color blanco: RAL 9010

FCL con el accesorio FCLMC



FCLMC  
 Color blanco: RAL 9010

- **3 CONFIGURACIONES EN UN SÓLO FAN COIL DEL TIPO CASSETTE**
- **CON ALETAS MOTORIZADAS ORIENTABLES DESDE EL MANDO A DISTANCIA (SÓLO CON GLL10M)**
- **CON ALETAS ORIENTABLES MANUALMENTE Y MANDO A DISTANCIA**
- **CON ALETAS ORIENTABLES MANUALMENTE, TABLERO DE MANDOS DE PARED**
- CON ALETAS ORIENTABLES MANUALMENTE, TERMOSTATO ELECTRÓNICO VMF SYSTEM, TABLERO DE MANDOS DE PARED (VMF-E4), COMPLETA INTEGRACIÓN CON VMF SYSTEM (SÓLO CON GLL10N Y GLL20N)**
- **VÁLVULA INTERIOR DE TRES VÍAS DE SERIE, CON ACCIONADOR DE ACTIVACIÓN RÁPIDA Y SEÑALIZACIÓN VISUAL DE LA POSICIÓN**
- **VERSIÓN CON VÁLVULAS DE 2 VÍAS PARA LAS INSTALACIONES CON CAUDAL DE AGUA VARIABLE**
- **VERSIÓN SIN VÁLVULAS**
- **BATERÍA DE INTERCAMBIO TÉRMICO CON PERFIL MOLDURADO Y SUPERFICIE AMPLIADA**
- **VENTILADOR DISEÑADO PARA LOGRAR UNA EMISIÓN SONORA REDUCIDA**
- **VERSIONES PARA INSTALACIONES DE 2 Y 4 TUBOS**
- **TAMBIÉN DISPONIBLE CON RESISTENCIA ELÉCTRICA PARA EL CALENTAMIENTO**

### Características

- 8 tamaños para las versiones con 2 tubos:  
FCL 32-36-42-62-72-82-102-122
- 7 tamaños para las versiones con 4 tubos:  
FCL 34-38-44-64-84-104-124
- Equipamiento estándar con válvula interior de tres vías de serie, con accionador de activación rápida y señalización visual de la posición.
- Equipamiento FCL\_V2 (disponible a pedido), con válvula interior de dos vías, adecuada para instalaciones con caudal de agua variable.
- Equipamiento FCL\_VL (disponible a pedido), sin válvula interior.
- 3 configuraciones en un sólo fan coil del tipo cassette
  - aletas orientables desde el mando a distancia y control electrónico, si se combina con el accesorio GLL10M;
  - con mando a distancia, aletas orientables manualmente y control electrónico, si se combina con el accesorio GLL10 o GLL20;
  - con aletas orientables manualmente, si se combina con el accesorio GLL10 o GLL20, también requiere un tablero de mandos por cable (accesorio).
- con aletas orientables manualmente, si se combina con el accesorio GLL10 o GLL20, también requiere un tablero de mandos por cable (accesorio).
- Fajeta de alto diseño
- VMF System, si se combina con el accesorio GLL10N o GLL20N, con aletas orientables manualmente, si se lo instala individualmente o como master de red requiere también un tablero de mandos por cable (accesorio VMF-E4).
- Dimensiones de la rejilla perfectamente integrables en los paneles para cielo raso estándar 600x600 mm y 840x840 mm para las unidades con mayor potencia.
- Ventilador diseñado para lograr una emisión sonora reducida.
- Grupo de ventilación axial-centrífugo de 3 velocidades y de 4 velocidades para mayores tamaños (FCL 42-44-62-64-72-82-84-102-104-122-124), para poder escoger las 3 velocidades que mejor satisfagan las exigencias de potencia suministrada y de funcionamiento silencioso.
- Estructura de sustentación reforzada con faja lateral de chapa de acero zincado, aislado térmicamente con elementos interiores de poliestireno expandido, obtenidos por molde de inyección, con funciones de atenuación acústica y direccionador del aire. (FCL 42-44-62-64).
- Estructura totalmente de chapa de acero zincado, aislada internamente con poliestireno expandido de células cerradas y recubierta externamente con fieltro anticondensación (FCL 82-84-102-104-122-124)
- Bandeja de una sola pieza para recoger la condensación, con grado de autoextinción V0, que se une mediante la tecnología del sobremoldeado con la aislación de poliestireno expandido, al que se le agrega un aditivo retardador de llama.
- Intercambiador térmico con perfil moldurado para aumentar la superficie de intercambio y válvulas de ventilación de fácil acceso.
- Funcionamiento continuo del ventilador para evitar estratificaciones del aire.
- Posibilidad de introducción directa de aire exterior independientemente de la ventilación de la unidad interna.
- Posibilidad de acondicionar también las habitaciones contiguas. Las versiones FCL 82-84-102-104-122-124 permiten la ventilación en 3 direcciones.
- Filtro del aire de fácil extracción y limpieza, estructura de sustentación, caracterizado por una eficiencia alta y bajas pérdidas de carga, con clase de resistencia al fuego V0 (UL 94).
- Filtro de aire precargado de manera electrostática regenerable, con clase de resistencia al fuego 2 (UL 900), (FEL 10 accesorio para GLL10 / GLL10R / GLL10M).
- Respeto total de las normas contra accidentes.
- Facilidad de instalación y mantenimiento.



### Datos técnicos

Mod. FCL	versiones con 2 tubos		32	36	42	62	72	82	102	122
Potencia térmica 50 °C (E)	vel. (máx.)	W	2380	3750	4950	6250	6750	7100	10600	13000
Caudal agua 50 °C	vel. (máx.)	l/h	327	516	679	857	939	1032	1548	1892
Pérdidas de carga 50 °C (VL) (E)	vel. (máx.)	kPa	9	14	23	32	38	23	25	34
Potencia frigorífica total	vel. (máx.)	W	1900	3000	3950	4980	5460	6000	9000	11000
Potencia frigorífica sensible vel. (E)	vel. (máx.)	W	1520	2400	3160	3810	4100	4200	6660	8470
Caudal agua	vel. (máx.)	l/h	327	516	679	857	939	1032	1548	1892
Pérdidas de carga (VL) (E)	vel. (máx.)	kPa	10	15	25	36	43	25	28	38
Caudal de aire (E)	vel. 4	m³/h	-	-	700	880	900	1100	1350	1750
	vel. 3	m³/h	600	600	530	660	680	830	1010	1350
	vel. 2	m³/h	410	410	360	500	520	680	830	1100
	vel. 1 (mín.)	m³/h	300	300	260	380	400	460	560	750
Ventiladores	n.		1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia sonora (E)	vel. (máx.)	dB(A)	46	46	53	61	63	50	54	60
Presión sonora	vel. 4	dB(A)	-	-	44	52	54	41	45	51
	vel. 3	dB(A)	37	37	37	45	47	36	39	45
	vel. 2	dB(A)	29	29	29	38	40	34	36	41
	vel. 1 (mín.)	dB(A)	26	26	26	32	34	30	31	35
Contenido agua intercambiador	l		1,2	1,5	1,5	2,1	2,1	3	4,5	4,5
Conexiones hidráulicas		ø Gas	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Kvs (válvula 3R versión estándar)			2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Potencia absorbida	(máx.)	W	45	45	75	83	93	150	155	175
Corriente absorbida	(máx.)	A	0,22	0,22	0,33	0,37	0,4	0,70	0,69	0,75
Corriente de arranque		A	0,66	0,66	0,99	1,11	1,2	2,10	2,07	2,25

Mod. FCL		versiones con 4 tubos	34	38	44	64	84	104	124
Potencia térmica 70 °C (E)	vel. (máx.)	W	2600	2600	3070	3800	8500	10000	12500
Caudal de agua 70 °C	vel. (máx.)	l/h	224	224	264	327	731	860	1075
Pérdidas de carga 70 °C (VL) (E)	vel. (máx.)	kPa	11	11	14	21	14	19	29
Potencia frigorífica total	vel. (máx.)	W	1900	2770	3650	4610	6000	7200	8800
Potencia frigorífica sensible vel. (E) (máx.)	vel. (máx.)	W	1520	2240	2920	3530	4200	5300	6770
Caudal agua	vel. (máx.)	l/h	327	476	628	793	1032	1238	1514
Pérdidas de carga (VL) (E)	vel. (máx.)	kPa	10	13	22	31	25	26	38
Caudal de aire (E)	vel. 4	m³/h	-	-	700	880	1100	1350	1750
	vel. 3	m³/h	600	600	530	660	830	1010	1350
	vel. 2	m³/h	410	410	360	500	680	830	1100
	vel. 1 (mín.)	m³/h	300	300	260	380	460	560	750
Ventiladores	n.		1	1	1	1	1	1	1
Potencia sonora (E)	vel. (máx.)	dB(A)	46	46	53	61	50	54	60
Presión sonora	vel. 4	dB(A)	-	-	44	52	41	45	51
	vel. 3	dB(A)	37	37	37	45	36	39	45
	vel. 2	dB(A)	29	29	29	38	34	36	41
	vel. 1 (mín.)	dB(A)	26	26	26	32	30	31	35
Contenido agua intercambiador	l		1,2	1,5	1,5	2,1	3	4,5	4,5
Contenido agua intercambiador (circuito caliente)	l		0,3	0,5	0,5	0,6	1,5	1,5	1,5
Conexiones hidráulicas	ø Gas		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Conexiones hidráulicas (circuito caliente)	ø Gas		1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Kvs (válvula 3R versión estándar)			2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Kvs (válvula circuito caliente)			1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5
Potencia absorbida (E)	(máx.)	W	45	45	75	83	150	155	175
Corriente absorbida	(máx.)	A	0,22	0,22	0,33	0,37	0,70	0,69	0,75
Corriente de arranque		A	0,66	0,66	0,99	1,11	2,10	2,07	2,25

Alimentación eléctrica = 230V - 50Hz

(E) = Prestaciones certificadas EUROVENT



Las prestaciones son comunes a todas las configuraciones:  
 FCL (estándar), FCL\_V2 y FCL\_V1.

Las prestaciones se refieren a las siguientes condiciones:

Presión sonora medida en una sala semirreverberante de 100 m³  
 y con tiempo de reverberación Tr=0,5 s

Refrigeración:

- temperatura ambiente 27 °C b.s. ; 19 °C b.h.
- temperatura entrada agua 7 °C
- velocidad máxima
- Δt agua 5 °C

Calentamiento:

- temperatura aire ambiente: 20 °C
- temperatura agua de entrada: 70 °C ; Δt agua 10 °C
- velocidad máxima

Calentamiento \*:

- temperatura aire ambiente: 20 °C
- temperatura agua de entrada: 50 °C
- velocidad máxima

## 10. AEROTERMO

### Descripción de los AEROTERMOS TECNA SABIANA

Los Aerotermos para calefacción por agua caliente **Serie ATLAS** de **SABIANA** fabricados con aletas de aluminio y tubos de acero de gran espesor (1 mm) y gran diámetro (22 mm), que confieren a la batería una robustez y duración excepcional. El gran diámetro del tubo reduce la pérdida de carga de las instalaciones de agua, lo que significa una bomba más pequeña y una capacidad de calentamiento muy rápida.

Motores trifásicos 400 V/50 Hz, con doble velocidad 4/6 polos (1400-900 r.p.m.) del tamaño 1 al 6 y de 6/8 polos (900-700 r.p.m.) del tamaño 7 al 10, con protección IP 44, aislamiento clase B

Bajo demanda se pueden suministrar con protección IP 55, aislamiento clase K, motores monofásicos, 5 velocidades (tamaño 1 al 6) ó con ejecución antideflagrante (EA 11 6 11B T4 / /3 a una sola velocidad

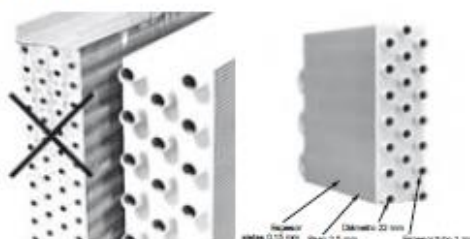
**Límites de empleo:**

**Con agua:** Temperatura máxima: 170°C

Presión de trabajo máxima: 16 bar, Presión de prueba: 30 bar

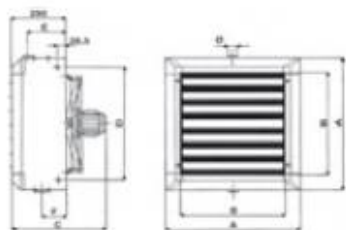
**Con Vapor:** Presión de trabajo máxima: 10 bar

Para vapor se aconseja utilizar baterías con tubo de cobre



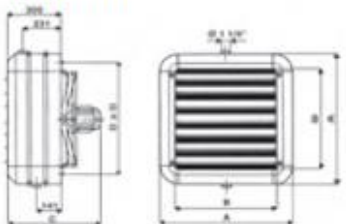
#### Dimensiones y pesos

##### Serie ATLAS



TAMAÑO	A	B	C	D	E	F	Ø	PESO Kg			CONTENIDO AGUA LITROS		
								1R	2R	3R	1R	2R	3R
1	472	356	465	375	220	130	1 1/2"	19	22	24	1,3	2,6	3,9
2	526	390	465	429	220	130	1 1/2"	22	25	27	1,6	3,2	4,8
3	580	444	465	483	220	130	1 1/2"	26	30	33	1,9	3,8	5,7
4	634	438	488	537	220	130	1 1/2"	30	34	38	2,3	4,6	6,9
5	688	552	488	591	220	130	1 1/2"	33	40	44	3,0	6,0	9,0
6	742	606	513	645	220	130	1 1/2"	38	46	51	3,5	7,0	10,5
7	796	657	560	696	210	140	1 1/2"	46	55	61	4,3	8,2	12,3
8	860	764	575	803	210	140	1 1/2"	55	66	73	5,8	11,1	16,6
9	1010	874	695	913	210	140	1 1/2"	65	79	88	7,6	14,5	21,8
10	1117	880	640	1020	210	140	2"	79	95	106	9,6	18,2	27,3

##### Serie HELIOS



TAMAÑO	A	B	C	D	PESO Kg			CONTENIDO AGUA LITROS		
					1R	2R	3R	1R	2R	3R
1	486	330	477	406	19	22	24	1,3	2,6	3,9
2	540	384	477	460	22	25	27	1,6	3,2	4,8
3	594	438	477	514	26	30	33	1,9	3,8	5,7
4	648	492	500	568	30	34	38	2,3	4,6	6,9
5	702	546	500	622	33	40	44	3,0	6,0	9,0
6	756	600	525	676	38	46	51	3,5	7,0	10,5




ATLAS



HELIOS

## AEROTHERMOS HELICOIDALES ATLAS Y HELIOS

Las potencias indicadas están calculadas con las siguientes condiciones de funcionamiento VAPOR = 6 bar (164°C) Agua 85/75°C T° Entrada de Aire = +15°C , versión 4/6 polos o 6/8 polos 2 velocidades. Motores trifásicos 400V-50 Hz, Protección IP55

I A M A N O	MODELO SERIE ATLAS	Potencia Térmica (w) Vel. Alta/ Baja. El vapor a 6 bar de presión	Caudal (m³/h) Alta /Baja	Potencia motor Wattios	dB (A)	T° Salida Aire	Alcance (mts.)	PRECIO €	Soporte Mural AMP/HMP €	SERIE HELIOS de aluminio anodizado	
										MODELO	PRECIO €
1	46A11SP	solo vapor 16550/13590	1670/1140	150	56/48	47°	8/5,5	525	70	46H11SP	696
	46A12SX	11170/8500	1560/1040	110/45	56/48	38/41°	8/5,5	524	70	46H12SX	695
	46A13SX	12940/9790	1450/960	110/45	56/48	44/48°	8/5,5	552	70	46H13SX	725
	4A13SX (monofásico)	12940	1450	150	56	44	8	556	70	4H13SX (monofásico)	740
2	46A21SP	solo vapor 23700/18960	2370/1560	150	59/51	47/54°	11/7,5	561	70	46H21SP	743
	46A22SX	15600/11880	2200/1440	130/50	59/51	38	11/7,5	558	70	46H22SX	740
	46A23SX	17700/13390	2100/1380	130/50	59/51	42	11/7,5	594	70	46H23SX	778
	5A23SX (monofásico)	17700	2100	150	59	42°	11	597	70	4H23SX (monofásico)	780
3	4A31SP	solo vapor 34080/27160	3400/2230	250	61/52	47/54°	14/10	616	71	46H31SP	811
	46A32SX	23850/17940	3300/2170	250/100	61/52	38/42°	14/10	614	71	46H32SX	809
	46A33SX	27700/20710	3200/2100	250/100	61/52	43/47°	14/10	655	71	46H33SX	853
	5A33SX (monofásico)	27700	3200	250	61	43°	14	656	71	4H33SX (monofásico)	855
4	4A41SP	solo vapor 45440/35440	4250/2910	250/100	64/54	49/55°	16/dic	688	71	46H41SP	897
	46A42SX	30840/23290	3980/2720	250/100	64/54	40/42°	16/12	684	71	46H42SX	843
	46A43SX	35260/26630	3800/2600	250/100	64/54	45/48°	16/12	733	71	46H43SX	945
	5A43SX (monofásico)	35260	3800	250	64	45°	16	742	71	4H43SX (monofásico)	950
5	4A51SP	solo vapor 59240/45620	5600/3630	400	66/56	49/55	20/15	745	72	46H51SP	967
	46A52SX	40600/30910	5500/3560	350/150	66/56	39/43°	20/15	739	72	46H52SX	961
	46A53SX	46310/35250	5400/3500	350/150	66/56	43/48°	20/15	796	72	46H53SX	1.022
	5A53SX (monofásico)	46310	5400		66	43°	20	798	72	4H53SX (monofásico)	1.030
6	4A61SP	solo vapor 74590/57280	7400/4790	480	69/60	47/53	25/18	819	72	46H61SP	1.057
	46A62SX	51780/40390	7200/4670	350/150	69/60	38/43°	25/18	811	72	46H62SX	1.048
	46A63SX	59380/46430	7000/4550	350/150	69/60	43/48°	25/18	878	72	46H63SX	1.120
	5A63SX (monofásico)	59380	7000		69	43°	25	880	72	4H63SX (monofásico)	1.125
7	68A71SP	solo vapor 63800/53500	5800/4400	400/200	65/60	52/55	24/18	962	88	 <p>ATLAS</p> <p>HELIOS</p>	
	68A72SX	44200/37100	5400/4100	400/200	65/60	41/44	24/18	1.142	88		
	68A73SX	53500/43800	5200/3800	400/200	65/60	48/52	24/18	1.249	88		
8	68A81SP	solo vapor 92600/78600	8500/6000	550/250	67/61	53/56	26/20	1.186	97		
	68A82SX	62900/52200	7600/5500	550/250	67/61	42/45	26/20	1.356	97		
	68A83SX	72700/59700	7000/5000	550/250	67/61	48/52	26/20	1.484	97		
9	68A91SP	solo vapor 116900/98900	10600/8000	750/370	68/62	52/56	28/21	1.363	106		
	68A82SX	81400/67600	10000/7500	750/370	68/62	41/44	28/21	1.581	106		
	68A83SX	96800/81100	9500/7000	750/370	68/62	48/52	28/21	1.701	106		
10	68A101SP	solo vapor 141900/122100	12500/9500	1100/550	71/65	53/56	30/22	1.544	121		
	68A102SX	97800/79200	11900/8800	1100/550	71/65	42/44	30/22	1.831	121		
	68A103SX	118600/97300	11400/8450	1100/550	71/65	47/52	30/22	2.028	121		

**NOTA:** Los aerotermos de vapor llevan batería de tubo de cobre reforzado de espesor 0,7 mm., muy superior a los tubos utilizados normalmente  
 Aerotermos 4 filas: utilizar la versión JANUS sin bandeja de condensación



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA  
ACS Y CALEFACCIÓN CON CALDERA DE APOYO  
EN UN POLIDEPORTIVO

ANEXO 3: MANTENIMIENTO

Ander Aramendia del Val

Jorge Oderiz Ezcurra

Pamplona, Febrero 2015

## INDICE

1. MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN SOLAR .....	2
1.1. PLAN DE VIGILANCIA.....	2
1.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	3



## 1. MANTENIMIENTO DE INSTALACIÓN SOLAR

Para asegurar el correcto funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de las instalaciones de energía solar térmica en el tiempo estas deben ser objeto de un mantenimiento adecuado.

Hay que tener en cuenta la variedad real de las instalaciones. Sin embargo, las obligatorias según el CTE, las instalaciones solares térmicas para producción de A.C.S., que están en relación con usuarios no técnico, tienen realmente un mantenimiento muy sencillo, y consiste básicamente en su vigilancia para resolver pequeñas averías. La práctica habitual de una revisión continuada evita la mayoría de las averías, especialmente las derivadas de sobrecalentamientos. Esta práctica no es más compleja que la supervisión de una caldera individual.

Más importante aún es la comprobación del correcto funcionamiento de los elementos de regulación y su coincidencia con el perfil de usos de la instalación, ya que las curvas de demanda y aportación solar no son coincidentes y debe hacerse un seguimiento para coordinar la aportación energética de pago con la gratuita, a fin de lograr la mayor eficiencia. Evidentemente cuanto mayor y más compleja es una instalación, más necesaria es la intervención de técnicos especializados y la existencia de un plan de mantenimiento adecuado, según establece el R.I.T.E. para las instalaciones térmicas, en general.

De acuerdo con el CTE se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación:

- a. Vigilancia
- b. Mantenimiento preventivo

### 1.1. PLAN DE VIGILANCIA

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, y no se considera necesario la intervención de personal técnico.

Estas operaciones las llevara a cabo, normalmente, el usuario, que asesorado por el instalador, observara el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá el alcance indicado en la tabla siguiente.

Elemento		Frecuencia	Descripción
Limpieza de cristales		A determinar	Con agua y productos adecuados.
Cristales		3 meses	IV Condensaciones en horas centrales del día
Captadores	Juntas	3 meses	IV Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3 meses	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
Conexiones		3 meses	IV Fugas.
Estructura		3 meses	IV Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín.
Termómetro		Diaría	IV Temperatura.
Circuito secundario	Tubería y aislamiento	6 meses	IV Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3 meses	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.
IV: Inspección visual			

## 1.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup>, y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup> mecánicas en general. En la instalación deberá existir un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas durante el mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, con una periodicidad mínima de 1 año y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Las operaciones de mantenimiento se deben realizar:

- En horas tempranas de la mañana,
- Últimas horas de la tarde,
- Cuando el cielo este cubierto
- Tapando los captadores

Todo ello con el fin de evitar en todo momento que el fluido caloportador este a una temperatura elevada.

Además la instalación se debe desconectar de la corriente eléctrica.

En la inspección de eficiencia energética de la instalación térmica, se realizara una inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento relacionadas con la instalación de energía solar térmica, para verificar su realización periódica así como el cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.

Sistema de captación		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6/12	IV diferencias sobre original.
	6/12	IV diferencias entre captadores.
Cristales	6/12	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6/12	IV agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6/12	IV corrosión, deformaciones
Carcasa	6/12	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6/12	IV aparición de fugas
Estructura	6/12	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
Captadores*	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores*	12	Llenado parcial del campo de captadores
IV: inspección visual		
*Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.		
Sistema de acumulación		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en el fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Sistema de intercambio		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Circuito hidráulico		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanquidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6/12	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6/12	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanquidad
Vaso expansión cerrado	6/12	Comprobación de la presión
Vaso expansión abierto	6/12	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6/12	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación
IV: inspección visual CF: control de funcionamiento		
Sistema eléctrico y de control		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación sistema de medida	12	CF actuación
CF: control de funcionamiento		
Sistema de energía auxiliar		
Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación
CF: control de funcionamiento		

En el caso de que, para disipar excedentes se opte por el vaciado o tapado parcial del campo de captadores, en el contrato de mantenimiento se deberán programar y detallar las visitas a realizar para el vaciado parcial o tapado parcial del campo de captadores y la reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programaran de forma que se realicen una antes y otra después de cada periodo de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles danos ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados periodos y en cualquier otro periodo del año.

El sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, por lo que solo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. El mantenimiento exhaustivo

del sistema de energía auxiliar lo deberá realizar la empresa instaladora del mismo.